

DURABILIDADE DA CONSTRUÇÃO. ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL - ETICS

LUÍS FILIPE TAVARES TEIXEIRA DE SOUSA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Corvacho

SETEMBRO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos pilares da minha vida

*“Aqueles que vencem, nem sempre são os que podem,
mas os que acreditam que podem.”*

AGRADECIMENTOS

A concepção de uma dissertação pressupõe um trabalho pessoal de ponderação, investigação e inspiração. Não é um trabalho meramente individualista, sendo fruto de vários contributos.

Finalizada esta “construção” gostaria de gravar o meu profundo agradecimento a todos os que contribuíram para este processo de criação.

À Professora Doutora Maria Helena Corvacho que com todo o apoio, orientação, compreensão e disponibilidade, direccionou a concretização desta dissertação.

Aos Engenheiros Duarte Fernandes e Vasco Pereira pela sua abertura e apoio prestado na troca de experiências e fornecimento de material para consulta.

Ao meu irmão André pela força, exemplo, determinação e coragem de vencer que sempre fez questão de me demonstrar: o meu eterno Obrigado.

Aos meus Fabulosos amigos Macedo, Joana, Bruno, Eric e Mariana que me rodearam nesta fase e com paciência, motivação e incentivo contribuíram para o seu sucesso.

Por último e não menos importante, agradeço aos meus Pais pelo amor e carinho que me transmitem. Pela perseverança com que lutam dia-a-dia, a quem dedico este trabalho.

RESUMO

Este trabalho visa proporcionar uma análise crítica à aplicabilidade do método factorial, descrito na norma ISO 15686-1, no estudo da durabilidade do sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS.

Cada vez mais, as preocupações ambientais e económicas encontram na sustentabilidade a forma de contornar a falta de recursos naturais. No caso dos edifícios, uma das formas de garantir a sustentabilidade dos mesmos, dos seus respectivos sistemas construtivos e elementos constituintes é analisando e estudando mais e melhor a sua durabilidade.

Para se conseguir prever a vida útil eficazmente tem de se analisar o seu desempenho sob determinadas condições. Apesar de ao sistema ETICS ser reconhecido o seu bom desempenho do ponto de vista térmico, este apresenta algumas patologias que podem afectar negativamente a sua durabilidade.

Todos os métodos analisados apresentam vantagens e desvantagens na estimativa da vida útil das soluções construtivas e seus componentes. Para diminuir o mais possível essas desvantagens desenvolvem-se cada vez mais estudos e alternativas de propostas.

Este estudo tem como ponto de partida a recolha e tratamento de informação relativa aos sistemas de isolamento térmico pelo exterior, em particular o sistema ETICS, assim como dos métodos de estimativa de vida útil existentes.

É feita uma análise de todo o sistema através de uma exposição exaustiva da sua constituição e de pormenores de formas de aplicação da solução. Analisa-se também as principais patologias do sistema, assim como as respectivas exigências de desempenho.

Propuseram-se alguns factores modificadores da vida útil, baseados na análise feita previamente, de forma a aplicar o método proposto na norma em estudo. Foram propostas, ainda, algumas alterações no cálculo da vida útil estimada com a introdução de ponderações relativas à influência de cada subfactor na vida útil do sistema ETICS.

PALAVRAS-CHAVE: durabilidade, sistema de isolamento térmico pelo exterior, Método Factorial, ETICS, ISO 15686-1.

ABSTRACT

This paper aims to provide a critical analysis of the applicability of the factor method, described in ISO 15686-1, the study of durability of the thermal insulation system for exterior type ETICS.

Increasingly, environmental and economic sustainability are the way to overcome the lack of natural resources. Concerning buildings, one way to ensure their sustainability, their systems and their constituents is analyzing and studying more and better its durability.

To effectively predict the service life you have to analyze its performance under certain conditions. Although the ETICS system is given the good performance of the thermal point of view, this presents some conditions that may adversely affect their durability.

All methods reviewed have advantages and disadvantages in the estimated service life of constructive solutions and their components. In order to reduce these disadvantages as much as possible, more and more studies and alternative proposals are developed.

This study starts at the collection and processing of information on the systems of insulation from the outside, particularly the ETICS system, as well as the existing service life assessment methods.

We analyze the entire system through a comprehensive exhibition of its constitution and details of ways to implement the solution. Also, we examine the main pathologies of the system as well as their performance requirements.

Some modifying factors of service life were offered, based on the analysis previously, done in order to apply the proposed method in the studied standard. Proposals were also made regarding the calculation of estimated service life, with the introduction of weights for the influence of each subfactor in ETICS system service life.

KEYWORDS: durability, thermal insulation system from outside, Factor Method, ETICS system, ISO 15686-1.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2. OBJECTIVO DO TRABALHO	2
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3

2. CARACTERIZAÇÃO DOS ETICS	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. COMPONENTES DOS ETICS	6
2.2.1. SUBSTRACTO	6
2.2.2. ISOLAMENTO TÉRMICO	7
2.2.3. FIXAÇÃO	8
2.2.4. CAMADA DE BASE	10
2.2.5. REDE DE REFORÇO	10
2.2.6. CAMADA FINAL	11
2.2.7. PRIMÁRIO	12
2.2.8. ACABAMENTO	12
2.2.9. ACESSÓRIOS	12

3. ENQUADRAMENTO NORMATIVO	15
3.1. INTRODUÇÃO	15
3.2. ETAG 004	16
3.2.1. ER1 - RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESTABILIDADE	16
3.2.2. ER2 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS	16
3.2.3. ER3 - HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE	18
3.2.3.1. Ambiente Interior (Humidade)	18

3.2.3.2. Ambiente Exterior (Meio ambiente)	18
3.2.3.3. Libertação de Substâncias Perigosas	18
3.2.3.4. Absorção de água	19
3.2.3.5. Estanquidade à água.....	19
3.2.3.6. Resistência aos impactos.....	19
3.2.3.7. Permeabilidade ao vapor de água.....	20
3.2.4. ER4 - SEGURANÇA NA UTILIZAÇÃO.....	20
3.2.5. ER5 - PROTECÇÃO CONTRA O RUÍDO	21
3.2.6. ER6 - ECONOMIA DE ENERGIA E RETENÇÃO DE CALOR.....	21
3.2.6.1. Resistência térmica	21
3.2.6.2. Transmissão térmica	21
3.2.7. ASPECTOS RELATIVOS À DURABILIDADE E APTIDÃO AO USO	22
3.2.7.1. Durabilidade dos ETICS	22
3.2.7.2. Durabilidade dos componentes dos ETICS	23
3.3. ISO 15686-1	23
3.4. EN13499:2004.....	24
3.4.1. DEFINIÇÕES.....	24
3.4.2. EXIGÊNCIAS.....	25
3.4.2.1. Resistência Térmica	26
3.4.2.2. Resistência Mecânica e Estabilidade do sistema	26
3.4.2.3. Reacção ao Fogo	27
3.4.2.4. Placas de EPS.....	27
3.4.2.5. Resistência à tracção do reforço	28
3.4.2.6. Permeabilidade da superfície do sistema	28
3.4.2.7. Resistência ao impacto do sistema ETICS	28
3.4.2.8. Resistência à penetração do sistema ETICS.....	29
3.4.2.9. Permeabilidade ao vapor do sistema ETICS	29
3.4.2.10. Durabilidade e aderência do material de acabamento com a camada de base	29
3.5. EN13495:2002.....	29
3.5.1. INTRODUÇÃO	29
3.5.2. CONDIÇÕES DE ENSAIO	30
3.5.3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA.....	31
3.5.4. PROCEDIMENTO DO ENSAIO	31

3.6. EN13497:2002	32
3.6.1. INTRODUÇÃO	32
3.6.2. PROCEDIMENTO DO ENSAIO	33
3.6.3. ANÁLISE DE RESULTADOS	34
3.7. EN13498:2002	34
3.8. RELATÓRIOS TÉCNICOS	35
3.8.1. INTRODUÇÃO	35
3.8.2. TR 025	35
3.8.3. TR 026	35

4. DEGRADAÇÃO DO SISTEMA	37
4.1. PRINCIPAIS ANOMALIAS - RESPECTIVAS CAUSAS E MEDIDAS PREVENTIVAS	37
4.2. AGENTES DE DEGRADAÇÃO	46
4.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	46
4.2.2. MECÂNICA	47
4.2.2.1. Forças aplicadas e deformações impostas ou restringidas	47
4.2.2.2. Energia cinética	48
4.2.3. ELECTROMAGNÉTICA	48
4.2.4. TÉRMICA	48
4.2.5. QUÍMICA	49
4.2.5.1. Água e solventes	49
4.2.5.2. Produtos químicos – Agentes oxidantes, redutores, ácidos, bases, sais e substâncias quimicamente neutras	49
4.2.6. BIOLOGIA	49
4.2.6.1. Plantas e micróbios	49
4.2.6.2. Animais	49
4.3. FACTORES INFLUENTES NA VIDA ÚTIL DOS ETICS	50
4.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	50
4.3.2. MATERIAIS	50
4.3.2.1. Suporte	50
4.3.2.2. Produto de colagem	51
4.3.2.3. Material de isolamento térmico (placas EPS)	51

4.3.2.4. Camada de base	52
4.3.2.5. Rede de reforço (fibra de vidro).....	52
4.3.2.6. Camada de acabamento	53
4.3.2.7. Acessórios do sistema.....	53
4.3.3. PROJECTO E PORMENORES	53
4.3.4. EXECUÇÃO	58
4.3.4.1. Direcção técnica da obra.....	58
4.3.4.2. Fiscalização e Controlo de Qualidade.....	58
4.3.4.3. Mão-de-obra	58
4.3.4.4. Condições de aplicação	59
4.3.5. AMBIENTE EXTERIOR.....	59
4.3.5.1. Pluviosidade	59
4.3.5.2. Temperatura ambiente	59
4.3.5.3. Absorção Solar vs Orientação da Fachada.....	60
4.3.5.4. Nível de poluição	60
4.3.5.5. Fixação de organismos	60
4.3.6. USO	61
4.3.6.1. Condições de susceptibilidade ao choque e tipo de uso	61
4.3.7. MANUTENÇÃO.....	61
4.3.7.1. Tipo e frequência de manutenção.....	61
4.3.7.2. Acessibilidade para a manutenção	61

5. MÉTODO FACTORIAL	63
5.1. INTRODUÇÃO	63
5.2. VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA	64
5.3. FACTORES MODIFICADORES	65
5.3.1. INTRODUÇÃO	65
5.3.2. LISTAGEM DE FACTORES.....	65
5.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL.....	73
5.4.1. MATRIZ DE CARACTERIZAÇÃO DA VIDA ÚTIL	73
5.4.2. QUANTIFICAÇÃO DA VIDA ÚTIL	74
5.4. ANÁLISE CRÍTICA	77

6. CASO DE ESTUDO	79
6.1. INTRODUÇÃO	79
6.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL	80
6.3. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE	81
6.4. APLICAÇÃO DA MATRIZ	81
6.4.1. QUALIDADE DOS COMPONENTES	81
6.4.2. QUALIDADE DE PROJECTO	82
6.4.3. QUALIDADE DE EXECUÇÃO	82
6.4.4. AMBIENTE EXTERIOR	83
6.4.5. Uso	84
6.4.6. MANUTENÇÃO	84
6.5. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL	85
6.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	86
6.6.1. MUDANÇA DE LOCALIZAÇÃO	86
6.6.2. MUDANÇA DO TIPO DE USO	87
7. CONCLUSÕES	89
7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
BIBLIOGRAFIA	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Constituição do sistema ETICS	5
Fig. 2.2 - Substrato do sistema ETICS	7
Fig. 2.3 - Isolamento térmico placas EPS	8
Fig. 2.4 - Fixação por colagem contínua com talocha.....	8
Fig. 2.5 - Fixação por colagem parcial por pontos	9
Fig. 2.6 - Fixação por colagem parcial por bandas	9
Fig. 2.7 - Fixação por colagem nos bordos das placas e na zona central	9
Fig. 2.8 - Bucha com prego para fixação mecânica do sistema.....	10
Fig. 2.9 - Fixação mecânica (disposição)	10
Fig. 2.10 - Rede de fibra de vidro	11
Fig. 2.11 - Reforços com rede de fibra de vidro	11
Fig. 2.12 - Perfil de esquina com rede.....	12
Fig. 2.13 - Perfil de esquina sem rede.....	12
Fig. 2.14 - Perfil de arranque	13
Fig. 2.15 - Perfil de junta de dilatação	13
Fig. 3.1 - Aparelho de teste. Amostra para teste de bloco de espuma estático.....	30
Fig. 3.2 - Aparelho de ensaio. Modelo de teste de resistência ao impacto do sistema ETICS	32
Fig. 3.3 - Aparelho de ensaio. Modelo de teste de resistência ao impacto do sistema ETICS	33
Fig. 3.4 - Modelo de teste de resistência à penetração do sistema ETICS	34
Fig. 4.1 - Visualização das juntas das placas.....	37
Fig. 4.2 - Desfasamento de planimetria – Edifício L FEUP	38
Fig. 4.3 - Manchas de escorrimento	38
Fig. 4.4 - Manchas de acumulação de sujidade – Edifício G FEUP	39
Fig. 4.5 - Fissuração de extensão e direcção variável – Edifício D FEUP	39
Fig. 4.6 - Fissuração diagonal junto a cantos de janelas – Edifício H FEUP	40
Fig. 4.7 - Fissuração nas imediações de juntas de dilatação – Edifício G FEUP	40
Fig. 4.8 - Fissuração junto a elementos construtivos - peitoris – Edifício G FEUP	40
Fig. 4.9 - Fissuração junto a elementos construtivos - apoio de pala de sombreamento – Edifício G FEUP	40
Fig. 4.10 - Fissuração junto à transição de corpos de dimensão distinta – Edifício G FEUP	41
Fig. 4.11 - Microfissuração reticulada.....	41

Fig. 4.12 - Fissuração vertical nas juntas entre perfis de arranque	41
Fig. 4.13 - Fissuração larga no revestimento do isolante – Edifício L FEUP	42
Fig. 4.14 - Fissuração aleatória.....	42
Fig. 4.15 - Empolamento do acabamento – Edifício G FEUP.....	43
Fig. 4.16 - Descasque do acabamento	44
Fig. 4.17 - Descasque do acabamento – Edifício I FEUP.....	44
Fig. 4.18 - Dessolidarização e queda generalizada do sistema	45
Fig. 4.19 - Choque accidental – Edifício G FEUP	46
Fig. 4.20 - Perfil de protecção das extremidades laterais.....	55
Fig. 4.21 - Remate de esquina.....	55
Fig. 4.22 - Perfil de protecção das extremidades inferiores.....	55
Fig. 4.23 - Arranque do sistema.....	55
Fig. 4.24 - Arranque do sistema com isolamento até ao solo (enterrado).....	56
Fig. 4.25 - Pormenor de remate em junta de dilatação estrutural.....	56
Fig. 4.26 - Pormenores de reforço de armadura no enfiamento dos ângulos vãos de janelas	57
Fig. 4.27 - Pormenores de reforço de armadura no enfiamento dos ângulos vãos de janelas	57
Fig. 4.28 - Remate de peitoris de janelas	57
Fig. 4.29 - Remate do limite superior do sistema - platibanda.....	58
Fig. 4.30 - Fachada danificada – Edifício G FEUP	61
Fig. 4.31 - Fachada danificada (vista aproximada)	61
 Fig. 6.1 - Edifício caso de estudo	 79
Fig. 6.2 - Edifício caso de estudo antes da reabilitação	80
Fig. 6.3 - Vista aérea do edifício caso de estudo	80

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 - Equivalências entre as especificações do LNEC e as do sistema Europeu.....	17
Quadro 3.2 - Classes de reacção ao fogo do sistema ETICS e o material de isolamento térmico	17
Quadro 3.3 - Valores do coeficiente de absorção de radiação solar – α_s	22
Quadro 3.4 - Valores mínimos de vida útil a projectar para o edifício e seus elementos	24
Quadro 3.5 - Exigências mínimas de desempenho das placas EPS	28
Quadro 3.6 - Níveis de resistência ao impacto dos ETICS	28
Quadro 3.7 - Níveis de resistência à penetração dos ETICS.....	29
 Quadro 4.1 - Agentes de degradação	 47
 Quadro 5.1 - Factores modificadores associados à qualidade dos componentes (A).....	 65
Quadro 5.2 - Critérios de Qualidade do Projecto	67
Quadro 5.3 - Níveis de Qualidade do Projecto (Tipo I e Tipo II)	68
Quadro 5.4 - Factores modificadores associados à qualidade de execução (C).....	68
Quadro 5.5 - Critérios de condições de aplicação/execução	69
Quadro 5.6 - Factores modificadores associados ao ambiente exterior (E)	70
Quadro 5.7 - Categorias correspondentes ao grau de exposição a danos.....	71
Quadro 5.8 - Factores modificadores associados ao efeito do uso (F)	71
Quadro 5.9 - Factores modificadores associados à manutenção (G).....	71
Quadro 5.10 - Factores modificadores associados à qualidade dos componentes – pesos (A)	73
Quadro 5.11 - Factores modificadores associados à qualidade de execução - pesos (C).....	73
Quadro 5.12 - Factores modificadores associados ao ambiente exterior – pesos (E)	74
Quadro 5.13 - Factores modificadores associados à manutenção – pesos (G)	74
Quadro 5.14 - Cálculo ESL_{min}	75
Quadro 5.15 - Cálculo ESL_{max}	76
 Quadro 6.1 - Matriz de estimativa de Vida Útil do edifício em estudo	 85
Quadro 6.2 - Matriz de estimativa de Vida Útil do edifício, com alteração da localização.....	86
Quadro 6.3 - Matriz de estimativa de Vida Útil do edifício, com alteração do tipo de uso	87

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A durabilidade na construção é uma temática cada vez mais importante no sector, pois está intrinsecamente ligada à qualidade de construção e de vida do utilizador.

O conhecimento da vida útil dos materiais e elementos de construção permite, através de uma melhoria na previsão da durabilidade das soluções escolhidas, obter uma eficaz selecção, utilização e manutenção dos mesmos. Estes dados são igualmente vantajosos na avaliação do desempenho desses elementos em função do seu custo, proporcionando assim uma optimização da solução seleccionada [1].

Tendo já sido objecto de estudo há vários anos, a previsão da vida útil das construções é um problema complexo, visando diversos factores que a influenciam de diferentes formas.

A adequada selecção dos materiais tendo em conta a sua interacção com o ambiente, o seu comportamento e os mecanismos de degradação é uma crescente preocupação dos distintos intervenientes na indústria da construção (projectistas, arquitectos, engenheiros, entre outros) relativamente à durabilidade dos mesmos. Por outro lado, são cada vez maiores os cuidados quanto à sua sustentabilidade - económica e ambiental.

Na sequência do que foi dito, surgiram métodos com o intuito de avaliar a durabilidade das construções. Um dos principais métodos utilizados, para a estimativa da vida útil, provém do *International Organization for Standardization* e é apresentado na norma ISO 15686 [1]. Esta norma, que pretende regularizar a estimativa da vida útil dos edifícios e bens construídos, baseia-se no método factorial e no conhecimento dos materiais e da tecnologia da construção.

A fachada é um elemento fundamental para a valorização de um edifício, pois, constitui parte do invólucro da edificação e, portanto, é responsável pela manutenção das condições ambientais internas como é o caso do conforto térmico, acústico, manutenção dos níveis de segurança ambiental e estrutural, além da privacidade dos utilizadores.

O tipo de sistema construtivo escolhido para a globalidade de uma fachada tem um papel crucial no desempenho final da envolvente, não só pelo seu aspecto, mas também porque é correntemente um elemento construtivo potenciador da ocorrência de anomalias.

As crises energéticas ocorridas na Europa e nos Estados Unidos e a constante melhoria das exigências de conforto térmico levaram à criação de novas soluções construtivas e de normas cada vez mais exigentes.

Uma das soluções encontradas para melhorar os aspectos de eficiência energética dos edifícios foi a criação de um sistema de isolamento térmico pelo exterior.

De um modo geral, os sistemas de isolamento pelo exterior são constituídos por uma camada de isolamento térmico aplicada sobre o suporte, e um paramento exterior para protecção, em particular, das solicitações climáticas e mecânicas.

Podemos classificar os sistemas de isolamento de fachadas pelo exterior em três grandes áreas:

- Componentes pré-fabricados constituídos por um isolamento e um paramento, fixados directamente ao suporte – “*vêture*”;
- Revestimentos descontínuos fixados ao suporte através de uma estrutura intermédia – fachadas ventiladas;
- Rebocos armados directamente aplicados sobre o isolamento térmico – ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems with rendering*).

Na Europa, o sistema ETICS surgiu depois de aperfeiçoamentos de anteriores sistemas parecidos. Nos Estados Unidos da América este sistema foi rebaptizado para EIFS (*Exterior Insulation and Finish Systems*) devido a algumas alterações efectuadas para melhor se adaptar ao tipo de construção existente nesse continente.

1.2. OBJECTIVO DO TRABALHO

É objectivo deste trabalho contribuir para o estudo de durabilidade do sistema ETICS através da análise da metodologia aplicada na norma ISO 15686-1 [2].

A recolha e tratamento de informação relativa à durabilidade do sistema é necessária de forma a poder definir exigências de desempenho deste sistema, identificar agentes de degradação mais importantes e listar os factores influentes na sua vida útil.

É também objectivo deste trabalho propor uma matriz de caracterização da durabilidade assim como uma síntese de recomendações para a prevenção da degradação do sistema, na fase de concepção e posteriormente na fase de manutenção.

O apoio desta informação recolhida e a análise das variáveis que influenciam a durabilidade do sistema permitirá aplicar a metodologia proposta na norma ISO 15686-1 [2].

A recolha de informação constituiu um processo contínuo, realizado durante toda a elaboração da presente dissertação. Esta recolha incidiu, principalmente, nos seguintes conceitos:

- Durabilidade;
- Vida útil;
- Enquadramento normativo do sistema ETICS;
- Caracterização do sistema ETICS;
- Exigências de desempenho;
- Mecanismos de degradação do sistema ETICS;
- Inspeção de edifícios: levantamento fotográfico de situações influentes na durabilidade do sistema;

A abordagem do trabalho tem como objectivo final uma análise crítica ao método aplicado na referida norma e a sua aplicabilidade ao estudo da durabilidade do sistema ETICS.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos, podendo ser divididos em 3 fases distintas:

Numa primeira fase, nos capítulos 2 e 3, recolha de informação relativamente ao sistema, sua caracterização, levantamento das principais normas e regulamentos associados;

Numa segunda fase, nos capítulos 4 e 5, estudo das patologias mais frequentes, agentes influentes da vida útil. Aplicação e análise crítica do método factorial ao sistema ETICS;

Por último, no capítulo 6, elaboração de um Caso de Estudo.

Nos pontos seguintes, apresenta-se o resumo da informação contida em cada um dos capítulos.

- **CAPÍTULO 1:** Este capítulo constitui a introdução da dissertação, no qual se elaboram algumas considerações iniciais sobre o âmbito da mesma, se apresenta a justificação da sua elaboração e se descreve resumidamente a metodologia que se adoptou. Igualmente, refere-se a importância da previsão da vida útil nos materiais de construção assim como se justifica a escolha do sistema ETICS.
- **CAPÍTULO 2:** Neste segundo capítulo, apresenta-se uma caracterização exaustiva do sistema ETICS. Com este objectivo descrevem-se os diversos constituintes do sistema e as suas principais características. Simultaneamente, descreve-se em traços gerais técnicas de aplicação identificando-se os principais cuidados a ter na sua execução.
- **CAPÍTULO 3:** No terceiro capítulo, Enquadramento Normativo, realiza-se um levantamento do estado de arte relativamente a normas, relatórios técnicos, Guias e Directivas Europeias associadas ao sistema ETICS. É também feita uma descrição do modo de funcionamento das Aprovações Técnicas e da E.A.E – *European Association for ETICS*. Uma breve descrição da norma ISO 15686-1 e a sua metodologia associada é também aqui apresentada.
- **CAPÍTULO 4:** Neste capítulo, são apresentadas algumas patologias do sistema. De seguida, são descritos os agentes de degradação mais importantes assim como os factores influentes da vida útil dos ETICS.
- **CAPÍTULO 5:** Na abordagem a este capítulo, procede-se à descrição do Método Factorial aplicado à norma ISO 15686. Definem-se conceitos importantes tais como Vida Útil de Referência e descrevem-se factores modificadores. Posteriormente, surge a aplicação do método em si, introduzindo-se novas ponderações aos diferentes subfactores. É elaborada uma análise crítica da aplicação deste método a este sistema.
- **CAPÍTULO 6:** Neste capítulo é realizado um exemplo de aplicação do exposto nos capítulos anteriores, nomeadamente a aplicação da matriz e das ponderações propostas. É feita uma caracterização geral do edifício e da envolvente. Aplicação da matriz de durabilidade proposta.
- **CAPÍTULO 7:** O último capítulo, apresenta as considerações e conclusões gerais relativamente à dissertação e apresenta sugestões para desenvolvimentos futuros.
- **Bibliografia:** Na bibliografia são indicados todos os documentos que serviram de referência à elaboração da presente dissertação.

2

CARACTERIZAÇÃO DOS ETICS

2.1. INTRODUÇÃO

Os ETICS, como prevê a ETAG 004 [3] (*Guide lines for European technical approvals*), são todos os isolamentos térmicos pré-fabricados, que se colocam sobre suportes exteriores da fachada, sobre os quais se dispõe uma ou várias camadas de reboco armado e se finaliza com um acabamento plástico com uma certa espessura [22].

O principal isolamento térmico utilizado nestes sistemas é o poliestireno expandido, os outros componentes que constituem o sistema são: substrato, isolamento térmico, fixação, camada de base, rede de reforço, camada final, primário, acabamento, acessórios. Na figura 2.1 apresenta-se a disposições dos elementos anteriormente mencionados.

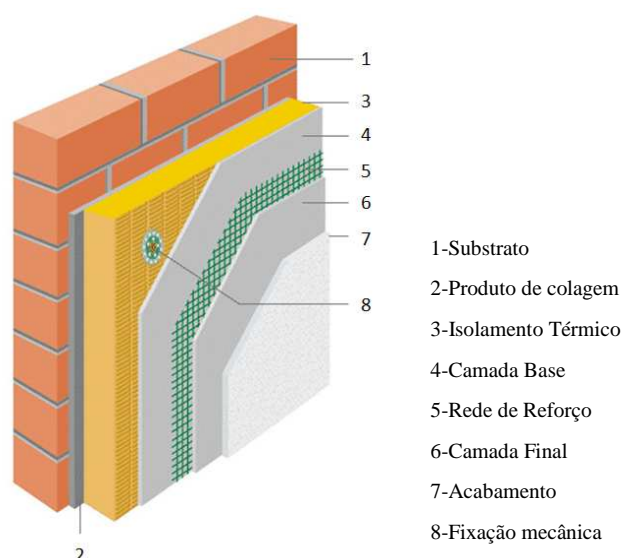


Fig.2.1 – Constituição do sistema ETICS [12]

A utilização dos ETICS revela-se vantajosa quer ao nível da eficiência das pontes térmicas, quer ao nível da construção.

A eficiência dos ETICS advém deste tipo de isolamento térmico ser colocado pelo exterior e de forma contínua, diminuindo significativamente as pontes térmicas e consequentemente o risco de condensações superficiais no interior do edifício.

Este método construtivo favorece a inércia térmica no interior dos edifícios, uma vez que este é o local onde se concentra a maior parte da massa da parede. No Inverno, a maior inércia térmica no interior proporciona uma maior conservação do calor (proveniente do ganho solar útil) dentro do edifício. No Verão, havendo capacidade da regulação da temperatura interior, evita-se o sobreaquecimento. Os resultados ao nível técnico são a maior durabilidade das fachadas, dado que o suporte é sujeito a variações térmicas menores e ao nível económico a diminuição dos gastos com aquecimento e arrefecimento das habitações.

Outras vantagens que advêm do facto do isolamento ser colocado pelo exterior são a garantia de uma melhor impermeabilização das paredes, assim como, a simplicidade e economia do método construtivo. Consegue-se ainda proceder à colocação dos ETICS, no caso da reabilitação ou reparação de patologias, sem ser de forma evasiva para os moradores.

Ao nível construtivo, obtém-se uma estrutura aligeirada na medida em que só é necessário um pano de alvenaria, diminuindo desta forma cargas permanentes, e conseguindo para além disso, aumentar a área habitacional.

2.2. COMPONENTES DOS ETICS

Uma vez apresentadas as vantagens do sistema, serão descritos os componentes dos ETICS (Fig 2.1) em termos do seu desempenho no sistema.

2.2.1. SUBSTRATO

O substrato (parede) encontra-se em contacto directo com o ETICS, por isso as suas características vão interferir no comportamento e durabilidade do sistema. A aplicação deste sistema em alvenarias simples, visa substituir as soluções de alvenaria mais complexas garantindo existências de isolamento térmico semelhantes. Devido a questões de permeabilidade só é aconselhável aplicar este sistema em elementos verticais, caso estes se encontrem directamente sujeitos à acção da chuva.

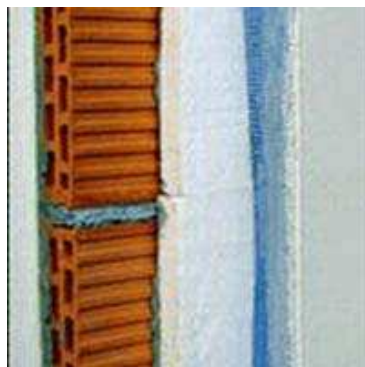


Fig.2.2 – Substrato do sistema ETICS [30]

O ETICS, como já foi referido, é muito empregue na reabilitação quando há problemas de resistência térmica ou da estanquidade da envolvente. No entanto, deverá ter-se especial atenção neste aspecto, uma vez que este poderá apresentar revestimentos nem sempre compatíveis com o sistema. Nestas situações, é sempre necessária uma conveniente preparação da superfície.

2.2.2. ISOLAMENTO TÉRMICO

A principal função do isolamento térmico é conferir ao sistema propriedades de resistência térmica, isto é, reduzir a transferência de calor através dos elementos onde está inserido. A sua espessura é, como tal, variável e definida de acordo com o coeficiente de transmissão térmico desejável.

É considerado isolante térmico um material com condutibilidade térmica (λ) inferior a $0,065 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$ ou cuja resistência térmica (R) é superior a $0,30 \text{ (m}^2\cdot^\circ\text{C)/W}$ – Anexo II RCCTE.

Há várias possibilidades para utilizar como isolamento térmico neste sistema, tais como: placas de poliestireno expandido moldado (EPS), placas de poliestireno extrudido (XPS), lã mineral, aglomerado de cortiça, entre outros.

Os dois principais isolamentos térmicos utilizados em Portugal, neste sistema, são as placas de EPS e XPS.

Esta possibilidade de escolha de diferentes isolamentos térmicos é uma das principais características do sistema ETICS.

Pelo facto de reunir características mais vantajosas relativamente aos outros isolantes, o isolante poliestireno expandido (EPS) é o mais utilizado na Europa, Portugal incluído, devendo ter uma espessura entre os 30 a 80 mm e a sua densidade varia entre os 14 e os 25 kg/m^3 . Relativamente à classe de reacção ao fogo os EPS enquadram-se na M1/Euroclasse E.

A lã mineral mesmo sendo o segundo isolante térmico mais usado na Europa, pois possui melhor resistência ao fogo, possui uma menor coesão e capacidade autoportante, fazendo com que a sua aderência seja menor. Esta situação exige o recurso a fixação mecânica e faz com que tenha uma reduzida resistência ao choque. A sua condutibilidade térmica aumenta com o aumento do teor em humidade.

O aglomerado de cortiça tem algumas desvantagens face aos restantes isolamentos uma vez que possui alguma absorção de água (não sendo inerte a esta) e um módulo de elasticidade transversal elevado, originando algumas deformações significativas no sistema ETICS.

O isolamento poliestireno extrudido (XPS) apresenta uma maior resistência térmica e mecânica que o expandido (EPS) uma vez que é um material muito mais denso (30kg/m^3). No entanto, possui menor permeabilidade ao vapor de água assim como maior módulo de elasticidade transversal. Esta situação origina maiores expansões e consequentes tensões no sistema. A espessura varia entre os 40 e 80mm. O recurso a placas de XPS é adequado para zonas em contacto com terrenos ou água frequente assim como para soluções em que o acabamento é revestimento cerâmico.

Portanto, o isolamento térmico mais recomendado a nível internacional e nacional (LNEC) para o sistema ETICS é o EPS, pelo facto de reunir maiores vantagens relativamente aos restantes.



Fig.2.3 – Isolamento térmico placas EPS [31]

Relativamente à resistência térmica do sistema prevê-se que seja superior ou igual $1\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ [12].

2.2.3. FIXAÇÃO

A fixação do isolamento térmico depende das condições de suporte do substrato e pode-se realizar de três formas: colagem, fixação mecânica ou por conjugação dos dois.

Existem três maneiras de realizar a fixação por colagem: colagem contínua com talocha dentada (Fig.2.4), colagem parcial por pontos (Fig.2.5) e colagem parcial por bandas (Fig.2.6).

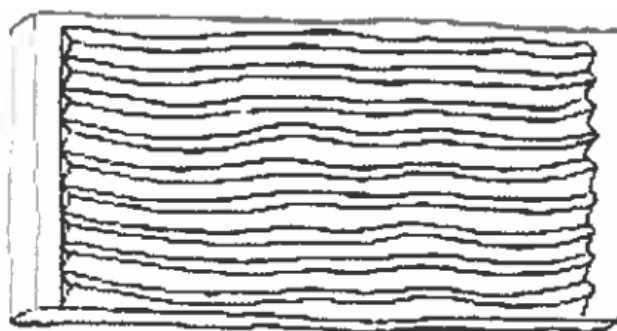


Fig.2.4 – Fixação por colagem contínua com talocha [12]

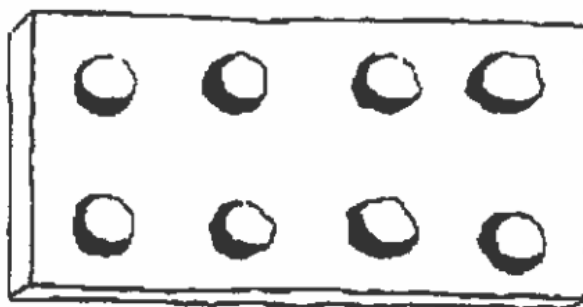


Fig.2.5 – Fixação por colagem parcial por pontos [12]

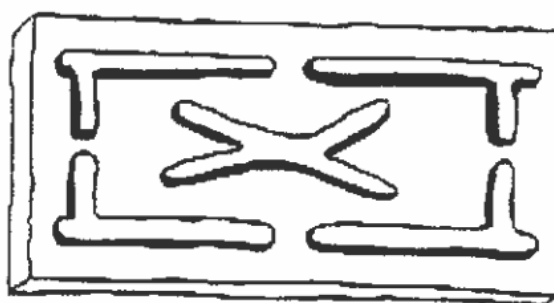


Fig.2.6 – Fixação por colagem parcial por bandas [12]

Nas duas últimas formas de colagem parcial é exigido que, pelo menos 20% da área da placa de isolamento tenha cola. Colagens parciais por pontos ou bandas são recomendáveis para substratos com irregularidades (máximo 1cm). Quando a superfície se encontra regularizada, aplica-se argamassa-cola em toda a superfície da placa de isolamento térmico, com talocha dentada. A mais correcta aplicação da cola de fixação é a combinação de colagem por pontos com colagem por bandas. Significa isto que aplicando bandas contínuas no bordo da placa de isolamento e alguns pontos no seu meio, é a forma mais eficiente que se considera actualmente. Como foi referido, a cola é aplicada directamente nas placas do isolante térmico escolhido.



Fig.2.7 – Fixação por colagem nos bordos das placas e na zona central [24]

A opção de recorrer ao sistema de fixação mecânica é usualmente complementar aos sistemas por colagem. Esta solução é uma medida preventiva utilizada em reabilitações de fachadas de edifícios existentes quando os revestimentos já existentes não oferecem a adequada garantia de aderência das argamassas e em sistemas acima dos 10 metros de altura. Por cada metro quadrado de isolamento térmico aplicado deverão ser colocadas 6 a 8 fixações mecânicas.

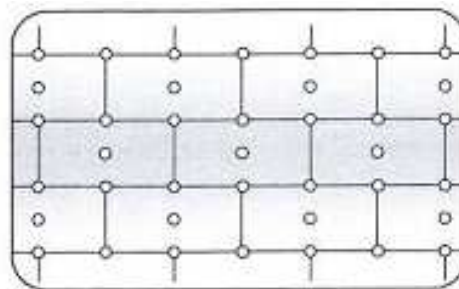
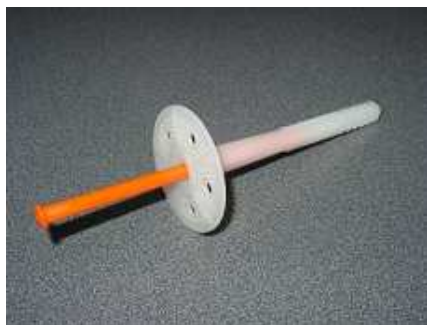


Fig.2.8 – Bucha com prego para fixação mecânica do sistema [24]; Fig.2.9 – Fixação mecânica (disposição) [24]

Nos casos em que o suporte é madeira a utilização de fixação mecânica é obrigatória.

2.2.4. CAMADA DE BASE

A camada base é composta por argamassa sintética, com percentagem reduzida de cimento com vista ao aumento da durabilidade.

Importa que a camada base tenha boas características no que se refere à aderência do isolante térmico, assim como a sua espessura (que varia entre os 2 mm e os 5 mm) deverá ser a suficiente para envolver a armadura, garantindo um bom desempenho do revestimento. Este comportamento da camada base deve ser verificado quer a armadura seja normal, quer seja reforçada. Esta camada também tem como função a protecção dos restantes materiais do sistema, retardando o seu envelhecimento, para isso a sua espessura, após a secagem, também tem de obedecer aos limites mínimos [22].

Este material é semelhante ao que se utiliza para fixar a colagem das placas de isolamento do substrato.

Trata-se de um componente crítico do sistema, visto tratar-se do principal entrave à penetração de água no sistema, apesar de permitir a passagem de humidade através do revestimento. Esta função garante a respiração do sistema e previne a retenção de água no seu interior.

2.2.5. REDE DE REFORÇO

A armadura de reforço é colocada sobre a camada base, numa malha quadrada de fibra de vidro (fig. 2.10). Esta rede é o elemento que confere resistência ao sistema, controla as dilatações da camada base, e impede a abertura de fendas propensas a abrir no revestimento que se encontra sobre as emendas do isolamento térmico (fig. 2.11). De uma forma geral, pode dizer-se que a armadura de reforço restringe os deslocamentos relativos dentro do sistema. Devido à sua configuração é resistente aos choques, favorecendo uma maior conservação do sistema. A abertura da malha é condicionada, por um lado pela resistência à tracção exigida (quanto mais pequena, mais resistente) e

por outro pela aderência que tem de conferir ao revestimento, se a malha for demasiado apertada a aderência será diminuída, por isso normalmente adoptam-se valores de 3 mm até 5 mm, para o lado da quadrícula.

Por uma questão de protecção e de desempenho, a rede deve ter uma espessura de 0,4 mm contida na camada base. A densidade da rede de fibra de vidro utilizado no sistema é 150 g/m² [22].



Fig.2.10 – Rede de fibra de vidro [22]

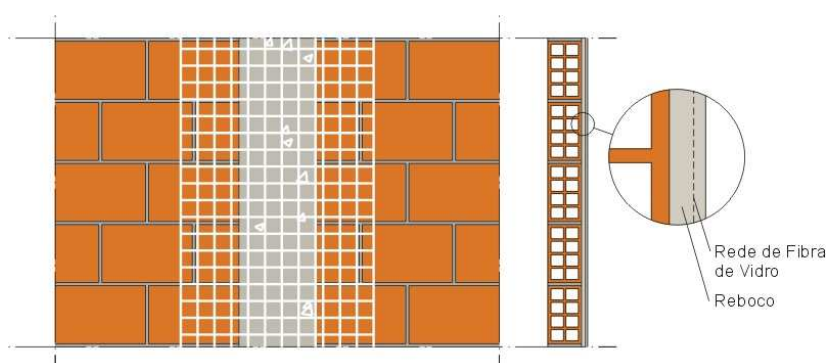


Fig.2.11 – Reforços com rede de fibra de vidro [32]

A armadura é revestida com PVC, resina acrílica ou malha de polipropileno, para impedir a entrada de humidade e dos álcalis.

Trata-se de um tratamento anti-alcálico fundamental para o seu desempenho. Deve-se salientar a sua não resistência aos raios ultra violeta (UV): quando exposto, por falta de recobrimento e/ou protecção adequada, este tratamento pode degradar-se integralmente e deixar a rede sujeita ao ambiente alcalino da camada de base.

2.2.6. CAMADA FINAL

Habitualmente a camada final assemelha-se à camada de base, no que respeita à sua constituição, no entanto tem um desempenho diferente. Esta camada serve essencialmente de protecção à rede, para garantir que esta estará sempre protegida dos raios ultra violeta (UV) e serve, ainda, como base para a aplicação do primário.

2.2.7. PRIMÁRIO

O primário, normalmente é aplicado sob a forma de uma camada muito fina de pintura opaca (composta por resinas em solução aquosa), sobre a argamassa (camada final), de que falámos anteriormente. Pode servir de base a uma pintura final ou a outro tipo de acabamentos (2.2.8).

O objectivo da aplicação do primário, passa por preparar a homogeneização da absorção e por incrementar os níveis de aderência conferidos ao acabamento.

Além disto, garante a uniformidade da cor do acabamento, pelo que, ambos devem ter a mesma cor.

2.2.8. ACABAMENTO

Trata-se da última camada do sistema. É esta camada que dá o aspecto final ao sistema, pela sua cor e relevo de superfície. A aplicação é feita sobre a camada final ou sobre o primário, caso este exista.

É de destacar que, para o correcto funcionamento do sistema, a camada de acabamento deve por um lado, ser impermeável à pluviosidade e por outro, permeável ao vapor de água, garantindo que o sistema “respire”.

A última camada funciona, ainda, como uma protecção contra os agentes climatéricos. Uma vez que está exposta ataque de fungos e algas, deve-se evitar que os seus constituintes sirvam de meio de crescimento a determinados microrganismos. As precauções a tomar para impedir seu desenvolvimento, passam pela aplicação um fungicida e um algicida.

2.2.9. ACESSÓRIOS

Os acessórios utilizados no sistema têm como principais funções: a protecção ao sistema ETICS, a ligação do ETICS com outros elementos das construções e a resolução das questões da continuidade no sistema [22]. Eles podem ser do tipo:

- **Perfis metálicos:** podem ser em alumínio anodizado, PVC ou (raramente) de aço inoxidável, que se utilizam tipo moldura para proteger as extremidades dos ETICS. Nas Figuras 2.11, 2.12 e 2.13 apresentam-se exemplos deste tipo de acessórios.



Fig.2.12 – Perfil de esquina com rede [24]



Fig.2.13 – Perfil de esquina sem rede [24]



Fig.2.14 – Perfil de arranque [24]

- **Elementos de recobrimento:** são normalmente de aço inoxidável ou zinco, e aplicam-se em capeamento, rufos, peitoris, beirais ou beirados, etc;
- **Elementos para juntas:** os materiais utilizados nestes elementos são os mástiques plásticos (acrílicos ou butílicos). Podem ser aplicados na delimitação de juntas, como cobre-juntas e no fundo das juntas. A sua principal função é a de acomodar os deslocamentos diferenciais (que ocorrem por variação da dimensão dos elementos) que podem ocorrer entre o sistema e o suporte. É ainda comum utilizar-se este tipo de acessório nas seguintes situações: varandas, enquadramento de vãos, confinações do sistema com saliências rígidas e outros pontos singulares.

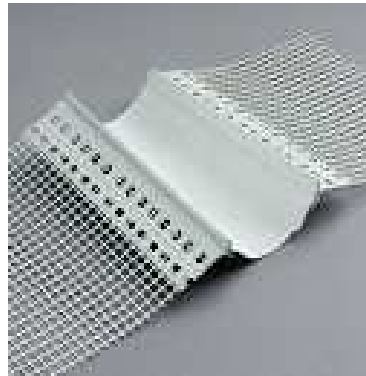


Fig.2.15 – Perfil de junta de dilatação [24]

3

ENQUADRAMENTO NORMATIVO

3.1. INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação na sustentabilidade e durabilidade dos produtos de construção, são cada vez mais os países que desenvolvem normas, regulamentos ou relatórios técnicos para regular o mercado da construção. A diversidade de produtos e técnicas de aplicação que proporcionam um vasto número de soluções construtivas também levam ao surgimento deste tipo de documentação.

Assim, para haver uma harmonização entre as diferentes normas nacionais, que involuntariamente criavam entraves técnicos, e possibilitar a comercialização desses produtos por todo o espaço Europeu, surgiu em 1988 a primeira Directiva dos Produtos da Construção 89/106/CE [4]. Posteriormente, foram feitas alterações a esta directiva (DPC) até à última actualização em Janeiro de 2007. [29]

Na Directiva de Produtos de Construção é definido no artigo 1º que produtos de construção são “*todos os produtos destinados a ser permanentemente incorporados numa obra de construção, incluindo as obras de construção civil e de engenharia civil*”. [4]

Estes produtos para serem considerados aptos ao uso a que se destinam e para assim serem comercializados, devem apresentar “*características tais que as obras onde venham a ser incorporados satisfaçam as seguintes exigências essenciais*” [12]:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndios;
- Higiene, Saúde e Ambiente;
- Segurança na utilização;
- Protecção contra o ruído;
- Economia de energia e retenção de calor.

Para ser implementada, a Directiva de Produtos de Construção tem ao seu dispor um conjunto de meios que possibilitam o cumprimento do exigido, tais como:

- Especificações técnicas harmonizadas: Normas Europeias (EN) e Aprovações Técnicas Europeias (ETA);
- Organismos de avaliação da conformidade e Organismos de Aprovação
- Sistemas de avaliação de conformidade
- Marcação CE

As Aprovações Técnicas Europeias (ETA – European Technical Approval) são concedidas por Organismos de Aprovação dos estados membros da União Europeia, que no caso de Portugal o LNEC

é a entidade responsável por tal aprovação sob a forma de Documento de Homologação. Uma ETA consiste numa apreciação técnica favorável da aptidão ao uso de um produto, estabelecida com base nas exigências essenciais das obras de construção onde esse produto seja incorporado. [29]

A Organização Europeia de Aprovação Técnica (EOTA – European Organisation of Technical Approvals), composta pelos organismos designados dos respectivos Estados-membros, é responsável por elaborar Guias de Aprovação Técnica Europeia (ETAG – Guidelines for European Technical Approvals) que servem de base para a elaboração das Aprovações Técnicas Europeias dos diferentes produtos da construção. [27]

O principal objectivo de um documento ETAG é definir as directrizes que os Organismos de Aprovação dos diferentes Estados-membros devem ter em conta para avaliar as características e as exigências específicas de um produto ou família de produtos.

Neste sistema em estudo, existem dois Guias de Aprovação Técnica associados:

ETAG004 - External Thermal Insulation Composite Systems with rendering [3].

ETAG014 – Plastic Anchors for fixing of External Thermal Insulation Composite Systems with rendering [34].

3.2. ETAG 004 – “GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS WITH RENDERING”

Neste Guia de Aprovação Técnica são descritas as exigências de desempenho aplicáveis ao sistema ETICS para utilização como isolamento exterior de paredes de edifício. São também definidos métodos de verificação de variados aspectos de desempenho do sistema, critérios de avaliação que se devem ter em conta para avaliar o desempenho para o uso pretendido do sistema, assim como possíveis condições para concepção e execução do sistema ETICS. [3]

3.2.1. ER1 - RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESTABILIDADE

Segundo a ETAG004, exigências relacionadas com a resistência mecânica dos elementos não destinados a garantir a estabilidade estrutural dos edifícios, como é o caso dos ETICS, não são analisadas neste parâmetro mas antes no requisito essencial de segurança na utilização (ER4), que se descreve adiante, no ponto (3.2.4).

3.2.2. ER2 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

As obras devem ser concebidas e realizadas de modo a que, no caso de se declarar um incêndio:

- a capacidade das estruturas de suporte de carga possa ser garantida durante um período de tempo determinado,
- a deflagração e propagação do fogo e do fumo dentro da obra sejam limitadas,
- a propagação do fogo às construções vizinhas seja limitada,
- os ocupantes possam abandonar a obra ou ser salvos por outros meios,
- a segurança das equipas de socorro esteja assegurada

O aspecto mais relevante na avaliação deste requisito é a Reacção ao Fogo. Esta avaliação da performance do sistema ETICS depende da legislação e regulamentação aplicável ao edifício em geral. A ETAG004 recomenda esta classificação de acordo com a norma EN 13501-1 [43]. Em Portugal, era recorrente e aplicável o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios de Habitação [5] para qualificar os materiais de construção em relação à Reacção do Fogo. Segundo essa classificação, as classes variavam entre M0 (não combustível) e M4 (combustível e facilmente inflamável).

Com as alterações do decreto-lei 220/2008 adoptaram-se as sete classes da norma EN13501 referentes ao desempenho dos produtos em matéria de Reacção ao Fogo. Este sistema de classificação distingue 7 Euroclasses: A1, A2, B, C, D, E, e F. [49]

O decreto-lei estabelece equivalência entre esta classificação e a anterior especificada pelo LNEC.

Quadro (3.1) – Equivalências entre as especificações do LNEC e as do sistema Europeu [49]

Classificação de acordo	Classificação segundo o sistema europeu		
	Classes	Classificação complementar	
		Produção de fumo	Queda de gotas/partículas inflamadas
M0	A1	-	-
	A2	S1	d0
M1	A2	Não exigível	d0
	B	Não exigível	d0
M2	A2	Não exigível	d1
	B		
	C	Não exigível	d0
M3	D	Não exigível	d1
			d0
M4	A2	Não exigível	d2
	B		
	C		
	D		
	E	-	Ausência de classif. d2
Sem Classificação	F	-	-

No entanto, com a saída da portaria nº 1532/2008 os sistemas ETICS passaram a ter que cumprir os seguintes requisitos de reacção ao fogo:

Quadro (3.2) – Classes de reacção ao fogo do sistema ETICS e o material de isolamento térmico [50]

Elementos	Edifícios de pequena altura	Edifícios de média altura	Edifícios com altura superior a 28 m
Sistema completo	C-s3,d0	B-s3,d0	B-s2,d0
Isolante térmico	E-d2	E-d2	B-s2,d0

Segundo a ETAG 004 e seguindo a norma EN 13501-1, a Euroclasse F de reacção ao fogo é a apontada para o sistema ETICS.

3.2.3. ER3 - HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE

Esta exigência pretende assegurar que o sistema ETICS é concebido e executado de modo a não causar danos à higiene e saúde dos habitantes assim como ao seu meio em redor.

Esta preocupação é dividida em 3 áreas.

3.2.3.1. Ambiente Interior (Humidade)

O combate à humidade no interior das paredes exteriores torna-se eficaz com o sistema ETICS caso cumpra as seguintes exigências:

-Resistência à humidade proveniente do ambiente exterior

As paredes exteriores deverão impedir que a humidade do solo, a precipitação e a neve penetrem na construção e se propaguem a outros elementos, conseguindo também com que não se danifiquem com essas solicitações.

-Evitar condensações superficiais e internas

A aplicação do sistema ETICS geralmente reduz as condensações superficiais. Condensações internas dificilmente ocorrem em condições normais. Nos locais onde ocorra maior incidência de vapor de água interno, devem ser tomadas medidas preventivas tais como: projecto ajustado à situação e escolha apropriada de materiais.

-Resistência a impactos

Para assegurar a primeira condição, o desempenho do sistema a impactos deve ser previsto em projecto assegurando que choques normais e de casual utilização não produzem danos que alterem propriedades do sistema. Uma simples operação de manutenção que necessite de encostar qualquer material de apoio, não deve causar perfurações ou fissurações.

3.2.3.2. Ambiente Exterior (Meio ambiente)

Não deverão ser libertados poluentes para o ambiente durante a instalação e respectiva construção do sistema ETICS, a não ser que a taxa de libertação esteja de acordo com a legislação, regulamentos e directivas administrativas aplicáveis ao local de implantação do sistema.

3.2.3.3. Libertação de Substâncias Perigosas

Os produtos utilizados devem obedecer à Directiva de Produtos de Construção no que se refere a esta exigência de desempenho, nomeadamente à não emissão de gases tóxicos e perigosos, de radiações perigosas e partículas no ar. Assim como não devem provocar contaminações e poluir o meio ambiente (ar, solo e água).

Para verificar o cumprimento desta exigência (ER3), devem ser avaliadas as seguintes características do sistema ETICS e/ou dos seus componentes: absorção de água, estanquidade à água, resistência aos impactos, permeabilidade ao vapor de água e características térmicas (avaliadas na ER6).

3.2.3.4. Absorção de água

De acordo com o teste descrito na ETAG004, teste de capilaridade, se a absorção de água da camada de base com reforço, após uma hora é igual ou superior a 1kg/m^2 , a absorção de água após uma hora de cada componente do sistema deve ser inferior a 1kg/m^2 .

3.2.3.5. Estanquidade à água

A avaliação da estanquidade à água do sistema ETICS comporta o estudo do desempenho Higrotérmico e gelo-degelo.

Tendo como base o resultado do teste de absorção, no comportamento Higrotérmico são analisadas características após os ciclos calor/chuva e calor/frio. Assim, para todos os componentes do sistema, os seguintes defeitos não deverão ocorrer durante, nem no final do programa de teste:

- bolhas ou descascamento da camada de acabamento
- fissuras ou fendas associadas a juntas entre placas de isolamento térmico e a perfis de montagem do sistema
- descolamento do revestimento (camada base, armadura de reforço, camada de acabamento)
- fissuras que permitam a penetração de água no isolamento térmico

A avaliação do comportamento gelo-degelo do sistema ETICS tem também como base o resultado do teste de capilaridade de absorção de água.

Deve ser efectuada, excepto se a absorção de água após 24 horas, em todos os componentes do sistema (camada base, camada final com armadura de reforço e camada de acabamento com os diferentes revestimentos a testar) for menor que $0,5\text{ kg/m}^2$. O sistema ETICS é considerado resistente ao comportamento gelo-degelo se após 24 horas de teste de absorção de água o resultado for inferior a $0,5\text{kg/m}^2$. Nesta avaliação, as amostras testadas, não podem também apresentar os defeitos descritos anteriormente.

3.2.3.6. Resistência aos impactos

Os ensaios de avaliação de resistência aos impactos são efectuados após os ciclos calor/chuva e calor/frio. É avaliada a resistência ao impacto, à penetração do sistema e ao punçoamento dinâmico. Os dois primeiros ensaios estão descritos nas normas EN 13497 [41] e na EN 13498 [42], respectivamente.

Foram identificados 3 grupos correspondentes ao grau de exposição a que estão sujeitos:

Categoria I – Zonas ao nível do chão facilmente acessíveis e vulneráveis a impactos, excepcionalmente severos

Categoria II – Zonas vulneráveis a impactos de objectos arremessados ou chutados, mas em locais públicos onde a altura do sistema limita a extensão do impacto; ou em pisos inferiores onde o acesso ao edifício é principalmente para pessoas que têm algum cuidado

Categoria III – Zonas pouco sujeitas a danos devido a impactos normais causados por pessoas ou por objectos arremessados ou chutados.

Com base nos resultados dos ensaios referidos o sistema é classificado numa das categorias anteriores.

3.2.3.7. Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água é avaliada com base no ensaio descrito na norma EN 12086 – “*Thermal insulating products for buildings application – Determination of water vapour transmission properties*”. A resistência à difusão do vapor de água no sistema ETICS não deve exceder os 2 metros se o isolamento térmico for de origem celular plástica (ex: placas EPS) e no caso de lã mineral como isolamento, não deve exceder mais de 1 metro.

3.2.4. ER4—SEGURANÇA NA UTILIZAÇÃO

Resistência mecânica e estabilidade são exigências que o sistema tem de ter em conta para garantir a segurança na utilização, embora não tenha como principal função garantir segurança e estabilidade estrutural do edifício.

Como características do sistema e dos seus componentes que garantam a segurança e estabilidade do mesmo, é de referir que o sistema deverá suportar o seu peso próprio sem deformações elevadas. Os movimentos normais da estrutura não deverão dar origem a qualquer tipo de fissura ou perda de adesão do sistema face ao suporte. O sistema ETICS deve suportar movimentos devido à temperatura e variações de tensão, excepto nas ligações estruturais que são necessárias precauções especiais. Deve com margem de segurança suficiente, apresentar resistência mecânica adequada às forças de pressão, sucção e vibração, devido à acção do vento.

Para avaliar esta capacidade resistente do sistema ETICS é necessário avaliar:

- a força de ligação entre:
 - ✓ Camada base e isolamento térmico
 - ✓ Produto de colagem e substrato
 - ✓ Produto de colagem e isolamento térmico
- a força de fixação (deslocamento transversal)
- a resistência à acção do vento, através de:
 - ✓ Testes de punçoamento das fixações
 - ✓ Teste de bloco de espuma (*foam block test* – EN13495)
 - ✓ Teste de levantamento dinâmico

Para a primeira avaliação é de salientar que qualquer que seja o tipo de fixação usado no sistema ETICS, a avaliação da força de ligação entre a camada base e o isolamento térmico tem de ser sempre testada.

A resistência mínima a cumprir para cada uma das situações referidas é a seguinte:

- Camada base vs. Isolamento térmico:
0,08 Mpa
- Produto de colagem vs. Substrato:
0,25 Mpa (em condições secas)
0,08 Mpa (com influência da acção da água: 2 horas após a remoção das amostras)
0,25 Mpa (com influência da acção da água: 7 horas após a remoção das amostras)
- Produto de colagem vs. Isolamento térmico:
0,08 Mpa

Na avaliação da força de fixação, o objetivo do teste é avaliar o deslocamento do ETICS nas bordas da parede por acção do vento.

3.2.5. ER5—PROTECÇÃO CONTRA O RUÍDO

Requisitos no que respeita à protecção contra o ruído não são abordados, uma vez que estes requisitos deverão ser cumpridos por toda a envolvente incluindo o sistema ETICS, bem como janelas e outras aberturas.

3.2.6. ER6—ECONOMIA DE ENERGIA E RETENÇÃO DE CALOR

A parede inteira deve atender a esse requisito.

O sistema ETICS melhora o isolamento térmico e torna possível reduzir a necessidade de aquecimento no inverno e o recurso a sistema de arrefecimento no verão.

Assim, a melhoria da resistência térmica da parede induzida pela aplicação do ETICS deve ser avaliada para que ele possa ser introduzido no cálculo térmico exigido na regulamentação nacional sobre o consumo de energia.

Fixações mecânicas ou âncoras temporárias podem provocar diferenças de temperatura localizadas. Deve-se garantir que esse efeito é mitigado para não influenciar as propriedades de isolamento térmico.

A fim de corresponder a estas exigências e estabelecer os benefícios do ETICS à parede exterior, as características térmicas mais relevantes dos componentes são:

- Resistência e transmissão térmica
- Permeabilidade ao vapor de água (como verificado na ER3)
- Absorção de água (como verificado na ER3)

3.2.6.1. Resistência térmica

A resistência térmica adicional fornecida pelo ETICS (R_{ETICS}) ao substrato é calculada a partir da resistência térmica do produto de isolamento (R_D), determinada em conformidade com a norma EN13163, e do valor R_{reboco} . R_{reboco} é um valor tabelado de $0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

$$R_{ETICS} = R_D + R_{reboco}$$

A resistência térmica do sistema ETICS deverá ser de, pelo menos, $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. [12]

3.2.6.2. Transmissão térmica

A existência de pontes térmicas em paredes opacas é reduzida com o sistema ETICS como solução de isolamento térmico, permitindo obter o mesmo coeficiente de transmissão térmica global da parede mas utilizando uma espessura de isolamento térmico menor.

Em Portugal, o RCCTE [11] define os valores dos coeficientes de transmissão térmica que devem ser tidos em conta na concepção da envolvente opaca dos edifícios, para definição da espessura do isolamento térmico. [12]

Para o isolamento térmico em estudo, poliestireno expandido (EPS), a condutibilidade térmica (λ) é de 0,04 W/m.°C.

As pontes térmicas causadas pelos dispositivos de fixação mecânica influenciam o Coeficiente de Transmissão Térmica da parede opaca (U). De acordo com ETAG004, deve-se ter em conta a seguinte correcção:

$$U_c = U + \Delta U$$

U_c – coeficiente de transmissão térmica corrigido da parede opaca, inclui pontes térmicas (m²K/W)

U – coeficiente de transmissão térmica da parede opaca, incluindo ETICS, excluindo pontes térmicas (m²K/W)

ΔU – termo de correcção do coeficiente de transmissão térmica do dispositivo de fixação mecânica (calculado de acordo com o Relatório Técnico 025 [35])

3.2.7. ASPECTOS RELATIVOS À DURABILIDADE E APTIDÃO AO USO

Todas as exigências acima referidas devem estar asseguradas durante a de vida útil do sistema para as diferentes acções a que o sistema está sujeito.

É importante referir que o suporte pode influenciar a vida útil do ETICS.

3.2.7.1. Durabilidade dos ETICS

O sistema deve ser estável à acção da temperatura, humidade e retracção.

Nem temperaturas do ar elevadas nem temperaturas baixas devem ter um efeito destrutivo ou uma deformação irreversível no sistema. Temperatura mínima do ar na ordem dos -20°C e máxima nos +50°C, devem ser considerados os dois extremos deste parâmetro.

Mudanças de temperatura na superfície do sistema, na ordem dos 30°C, não devem causar qualquer estrago na mesma. A temperatura da superfície não deve exceder os 80°C.

Quando exposta a radiação solar, a superfície do sistema ETICS aumenta a temperatura. Este aumento de temperatura depende do luxo de radiação da superfície e do factor de absorção solar (α_s) da mesma.

O valor de α_s é, sobretudo, condicionado pela cor da camada de acabamento. No quadro seguinte (quadro 3.3), apresentam-se alguns valores de α_s , em função da cor da superfície.

Quadro (3.3) – Valores do coeficiente de absorção de radiação solar – α_s [1]

Cor da superfície	Valor de α_s
Branco	0,2 a 0,3
Amarelo, cor-de-laranja e vermelho claro	0,3 a 0,5
Vermelho escuro, verde-claro, azul-claro	0,5 a 0,7
Castanho, verde-escuro, azul vivo, azul-escuro	0,7 a 0,9
Castanho-escuro e preto	0,9 a 1

Para valores de α_s próximos de zero as superfícies praticamente não absorvem radiação solar.

Para valores que se aproximam da unidade a superfície absorve grande parte da radiação incidente e portanto valores de α_s superiores a 0,7 são considerados prejudiciais para a durabilidade do sistema ETICS.

3.2.7.2. Durabilidade dos componentes dos ETICS

Todos os componentes devem manter as suas propriedades durante a vida útil do ETICS, em condições normais de uso e manutenção de tal forma que a qualidade da construção é mantida. Isso requer que todos os componentes e/ou materiais:

- deverão apresentar uma estabilidade físico-química que deverá ser razoavelmente previsível, até mesmo totalmente conhecida de forma a que os materiais em contacto tenham reacções que ocorram lentamente
- deverão ser resistentes à corrosão ou terem pelo menos tratamento de protecção contra este ataque
- sejam compatíveis entre si.

3.3. ISO 15686-1

A norma ISO 15686 (“*Service Life Planning*”), de entre outros conceitos, define “Vida Útil” como o intervalo de tempo, após a construção, durante o qual a edificação e os seus elementos igualam ou superam os níveis mínimos de desempenho. [2] Estes níveis mínimos constituem um parâmetro bastante relativo já que podem variar drasticamente conforme a solução adoptada.

Esta norma apresenta uma metodologia (“*Service Life Planning*”) de aplicabilidade em fase de projecto que visa garantir que a vida útil de uma construção é superior à vida horizonte de projecto considerando os custos de manutenção durante o ciclo de vida (“*life cycle costs*”) e optimizando-os. Através desta norma é possível em fase de projecto comparar soluções alternativas, estabelecer para cada uma estimativa das intervenções necessárias e desta forma verificar se alguma das soluções é comprometida pela necessidade de restrição de gastos. [20]

Tomando como exemplo o sistema ETICS, no qual os diferentes constituintes do sistema possuem uma vida útil inferior à do sistema em si, o mesmo se pode aplicar a um edifício, ou seja, os elementos que compõem uma edificação são dotados de uma vida útil inferior à vida útil global da edificação, o que faz com que alguns elementos que constituem a edificação sejam alvo de intervenções de manutenção ao longo da sua utilização. [14]

Num edifício, os revestimentos são os elementos que estão em contacto com o maior número de agentes de deterioração, visto que os agentes começam por actuar nos revestimentos. Pode-se então concluir, que a vida útil de uma edificação depende e está directamente ligada à manutenção do desempenho dos revestimentos acima dos requisitos mínimos exigíveis. [14]

De acordo com a regulamentação em vigor, norma ISO 15686-1, os edifícios e os elementos que o constituem devem garantir os seguintes valores mínimos de vida útil (ver Quadro 3.3).

Quadro (3.4) – Valores mínimos de vida útil a projectar para o edifício e seus elementos [2]

Vida útil projectada para o edifício	Elementos estruturais ou inacessíveis	Elementos de substituição ou de difícil substituição	Elementos facilmente substituíveis	Instalações e trabalhos exteriores
Ilimitada	Ilimitada	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

As seguintes Normas Europeias (EN) fazem parte de uma série de normas que especificam os métodos de ensaio para determinar as dimensões e propriedades dos materiais de isolamento térmico e produtos associados ao sistema ETICS.

3.4. EN13499:2004 – “THERMAL INSULATION PRODUCTS FOR BUILDINGS — EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS (ETICS) BASED ON EXPANDED POLYSTYRENE — SPECIFICATION”

Esta Norma Europeia especifica os requisitos para o fabrico de produtos feitos para o sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) com base em poliestireno expandido, entregue como um kit, e usado como isolamento térmico de edifícios.

3.4.1. DEFINIÇÕES

Produto de colagem (“adhesive for ETICS”): material específico para o sistema de colagem do material de isolamento térmico com o substrato

Camada de base (“base coat for ETICS”): camada específica do sistema aplicada directamente sobre o material de isolamento térmico. Ele contém o reforço (armadura de reforço). A camada de base fornece a maioria das propriedades mecânicas de um sistema ETICS.

Sistema de isolamento térmico exterior composto (ETICS): sistema aplicado *insitu* de produtos feitos em fábrica, entregues como um sistema completo a partir do fabricante do sistema e composto

por, no mínimo, os seguintes componentes especificamente escolhidos pelo fabricante do sistema para o sistema e substrato:

- produto de colagem específico e/ou sistema específico de dispositivos mecânicos de fixação;
- material de isolamento térmico específico;
- uma ou mais camadas de camada de base específica, onde pelo menos uma camada contém o reforço;
- armadura de reforço específica;
- material de acabamento específico que pode incluir uma camada decorativa.

Todos os componentes de um sistema ETICS são projectados especificamente para o sistema e para o substrato pelo fabricante do sistema.

Material de acabamento para ETICS (“finishing material for ETICS”): Material mineral, orgânico e/ou inorgânico específico para o sistema que forma a camada final de um ETICS. O material de acabamento combinado com a camada de base fornece protecção contra ambiente exterior. Também dá textura e cor ao sistema;

Rede de fibra de vidro (“glassfibremeshes for ETICS”): Rede específica de fios têxteis constituídos por filamentos contínuos de fibra de vidro em malha quadrada tratada com revestimento resistente ao alcalis.

Dispositivos mecânicos de fixação para ETICS (“mechanicalfixingdevices for ETICS”): dispositivos específicos do sistema para garantir ligação do isolamento térmico com o substrato;

Reforço (“reinforcement for ETICS”): materiais específicos do sistema incorporados na camada de base para melhorar a sua resistência mecânica. Reforços para ETICS geralmente são de fibra de vidro ou malhas de metal.

Substrato (“substrate”): superfície de uma parede nova ou já existente ou de um elemento estrutural. Pode ser revestido com material mineral ou orgânico ou com tintas.

3.4.2. EXIGÊNCIAS

3.4.2.1. Resistência Térmica

O valor da resistência térmica dos ETICS será calculado em conformidade com a norma EN ISO10456 e EN ISO6946, usando os valores da resistência térmica do isolamento térmico EPS provenientes da norma EN13163. Nenhum valor para a resistência térmica referida deve ser inferior a $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$.

A poupança de energia através da aplicação de ETICS é essencialmente influenciada pela espessura d e condutividade térmica λ do material de isolamento térmico utilizado. A resistência térmica R pode ser calculada da seguinte forma:

$$R \approx R_D = \frac{d}{\lambda_D}$$

- R – resistência térmica do sistema ETICS, $m^2.K/W$
 R_D – resistência térmica das placas de EPS, $m^2.K/W$
 d – espessura das placas de EPS, mm
 λ_D – condutividade térmica de placas EPS, $W/(m.K)$

3.4.2.2. Resistência Mecânica e Estabilidade do sistema

Os ETICS devem ser estáveis a acções provocadas por cargas combinadas, tais como peso próprio, acção do vento, temperatura, humidade e retracção, assim como de cargas do uso normal da estrutura.

Os ETICS devem ser concebidos e aplicados de tal forma que satisfaçam os requisitos para a resistência mecânica e estabilidade.

Resistência da ligação da camada base com as placas de EPS

Esta resistência é determinada de acordo com a norma EN13494. Nenhum valor resultante do teste efectuado deve ser menor do que 80kPa.

Resistência da ligação das placas de EPS com o suporte usando produto de colagem

Nos sistemas em que apenas recorrem a produto de colagem, a ligação é assegurada apenas pelo produto de colagem. Podem ser incluídas fixações mecânicas suplementares.

Esta resistência é determinada de acordo com a norma EN13494. E também, nenhum valor resultante do teste efectuado deve ser menor do que 80kPa.

Resistência à tracção de sistemas ETICS com fixações mecânicas

É determinada segundo a norma EN13495 sem recurso a produto de colagem entre as placas de EPS e o suporte. A resistência à tracção de cálculo/projecto X_d do sistema ETICS deve ser maior que a acção de sucção do vento prevista, S_d .

Para calcular X_d :

$$X_d \geq S_d$$

$$S_d = S_k \cdot \gamma_s$$

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_x}$$

X_d - resistência de cálculo à tracção do sistema ETICS, kPa

S_d - acção de cálculo de sucção do vento, kPa

S_k - acção característica de sucção do vento, kPa

γ_s - coeficiente parcial de segurança da acção de cálculo de sucção do vento

X_k - resistência característica à tracção do sistema ETICS, kPa

γ_x - coeficiente parcial de segurança da resistência à tracção de cálculo do sistema ETICS

Assim, o número necessário de fixações (*anchors*) por m², N_{Anch} , deve ser calculado da seguinte forma:

$$N_{Anch} = \frac{X_d}{X_{d,Anch}}$$

N_{Anch} – número de fixações por m², n/m²

X_d – resistência de cálculo à tracção do sistema ETICS, kPa

$X_{d,Anch}$ – resistência de cálculo à tracção por fixação, kPa

A resistência de cálculo à tracção por fixação, $X_{d,Anch}$, determina-se de acordo com a mais baixa das seguintes resistências:

- resistência de cálculo ao arrancamento (“*anchors*”) da fixação no suporte de acordo com a respectiva *European Technical Approval* (ETA);
 - resistência de cálculo à tracção do sistema ETICS de acordo com a norma EN13495 [40]
- O número de fixações por m² para diferentes cargas de acção de sucção do vento podem ser aconselhadas pelo fornecedor do sistema ETICS.

A ligação das placas de isolamento térmico com o substrato pode ser efectuada por via de perfis fixos no substrato com fixações também. Nesta situação, deve-se ter especial atenção para a área mínima necessária para validar os ensaios de acordo com a EN13495 [40].

3.4.2.3. Reacção ao Fogo

Reacção ao fogo (Euroclasses) será determinada em conformidade com a norma EN 13501-1 [43].

3.4.2.4. Placas de EPS

Reacção ao fogo (Euroclasses) será determinada em conformidade com a norma EN 13501-1 [43].

As placas de EPS utilizadas como material de isolamento térmico em sistemas ETICS devem cumprir com os requisitos especificados na norma EN 13163 [44] e constantes no quadro 3.4:

Quadro (3.5) – Exigências mínimas de desempenho das placas EPS [44]

Características	Exigências	
	Valor	Nível/Classe/valor limite
Resistência térmica declarada	$R_D \geq 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	valor limite
Resistência à tracção perpendicular à superfície:		
placas EPS fixadas por colagem ou por fixação mecânica	$\geq 100 \text{ kPa}$	TR100
placas EPS fixas por perfis	$\geq 150 \text{ kPa}$	TR150
Tolerância a:		
Estabilidade dimensional	0,2%	DS(N)2
Esquadria	$\pm 2 \text{ mm/m}$	S2
Planimetria	$\pm 5 \text{ mm}$	P4
Comprimento	$\pm 2 \text{ mm}$	L2
Largura	$\pm 2 \text{ mm}$	W2
Espessura	$\pm 1 \text{ mm}$	T2
Absorção de água a longo prazo por imersão parcial	$\leq 0,5 \text{ kg/m}^2$	valor limite

3.4.2.5. Resistência à tracção do reforço

A resistência à tracção das malhas de fibra de vidro deve ser determinada em conformidade com a norma EN 13496. Os seguintes requisitos devem ser satisfeitos:

- o valor médio da resistência à tracção deve ser superior a 40 N/mm e nenhum valor individual deve ser inferior a 36 N/mm no estado inicial;
- a relação da resistência à tracção com o alongamento na ruptura, aplicados sob condições normais e em meio agressivo, não deve ser inferior a 1 kN/mm;
- a resistência à tracção após aplicação em meio agressivo, em conformidade com a norma EN 13496, deve ser superior a 50% da resistência à tracção inicial.

3.4.2.6. Permeabilidade da superfície do sistema

Deve ser determinada de acordo com a norma EN 1062-3. Nenhum resultado dos ensaios deve ser superior a $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$.

Se a camada de base encontra-se em conformidade com este requisito, o material de acabamento não precisa ser testado.

3.4.2.7. Resistência ao impacto do sistema ETICS

Esta exigência deve ser determinada de acordo com a norma EN 13497. Nenhum resultado dos ensaios realizados deve ser inferior aos valores exigidos no seguinte quadro:

Quadro (3.6) – Níveis de resistência ao impacto dos ETICS

Nível	Exigência
I2	sem danos a 2J
I10	sem danos a 10J

3.4.2.8. Resistência à penetração do sistema ETICS

Esta exigência deve ser determinada de acordo com a norma EN 13498. Nenhum resultado dos ensaios realizados deve ser inferior aos valores exigidos no seguinte quadro:

Quadro (3.7) – Níveis de resistência à penetração dos ETICS

Nível	Exigência
PE200	> 200 N
PE500	> 500 N

3.4.2.9. Permeabilidade ao vapor do sistema ETICS

A permeabilidade ao vapor da camada base e da camada de acabamento deve ser avaliada de acordo com a norma EN ISO 7783-2. Nenhum resultado deve ser inferior a $20\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$.

3.4.2.10. Durabilidade e aderência do material de acabamento com a camada de base

A durabilidade e a aderência do material de acabamento com a camada base devem ser determinadas de acordo com as normas prEN ISO 4628-2, prEN ISO 4628-4 e prEN ISO 4628-5 após aplicação com os condicionamentos de acordo com a norma EN 1062-11.

Não é exigido nenhum grau de desempenho para o caso de surgirem empolamentos, segundo a norma prEN ISO 4628-2.

Para o caso de surgirem fissuras, segundo a norma prEN ISO 4628-4, o aparecimento de 3 fissuras é considerada uma avaliação moderada. Quanto ao seu tamanho, no máximo deverão medir $200\text{ }\mu\text{m}$ de largura.

Na avaliação de descascamento do material de acabamento, de acordo com a norma prEN ISO 4628-5, a área de descascamento deverá ser inferior a 1% e de espessura menor que 3mm.

3.5. EN13495:2002 – “THERMAL INSULATION PRODUCTS FOR BUILDING APPLICATIONS - DETERMINATION OF THE PULL-OFF RESISTANCE OF EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS (ETICS) (FOAM BLOCK TEST)”

3.5.1. INTRODUÇÃO

Esta Norma Europeia especifica o equipamento e um método de determinação da resistência à tracção do sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS). Tanto os que são fixados mecanicamente como os que utilizam fixação mecânica juntamente com colagem do isolamento. O método descrito é conhecido como "*foam block test*".

É importante referir, que este ensaio aqui descrito não foi concebido para medir a resistência à tracção do sistema ETICS com o suporte (substrato).

A resistência à tracção do sistema ETICS é determinada através da realização do teste estático de blocos de espuma. Este parâmetro é calculado a partir da carga máxima de tracção.

Neste aparelho a carga de teste é gerada por um macaco hidráulico e transferido através de uma célula de carga de vigas de aço cruzadas. As vigas são fixadas com parafusos de madeira ao painel de madeira compensada, de tal forma, que a aplicação da carga está no meio do painel.

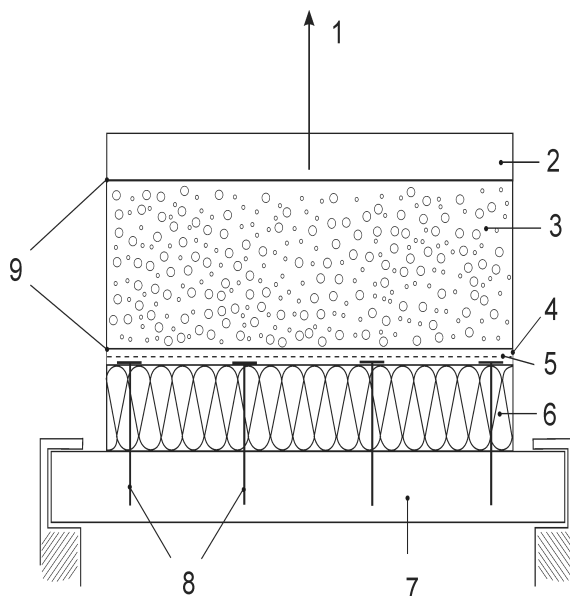


Fig.3.1 – Aparelho de teste. Amostra para teste de bloco de espuma estático. [40]

Legenda:

- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| 1- Força de tensão F | 6- Material de isolamento térmico |
| 2- Painel de madeira | 7- Substrato (laje de betão armado) |
| 3- Blocos de espuma | 8- Fixações mecânicas |
| 4- Camada de base | 9- Cola / Produto de colagem do bloco |
| 5- Armadura de reforço | |

3.5.2. CONDIÇÕES DE ENSAIO

A laje de betão armado deve ter pelo menos as dimensões da amostra do sistema ETICS em teste. A sua espessura deve ter em conta o comprimento das fixações mecânicas, ou seja, no mínimo 10cm. A classe do betão, segundo a norma EN 206-1, deve ser pelo menos C20/25.

As dimensões dos blocos de espuma deverão situar-se entre os 200x200mm e os 333x333mm. A sua espessura entre os 30 e os 50cm. O bloco de espuma deverá ser fraco o suficiente para acompanhar todas as deformações da camada de acabamento sem afectar a rigidez do sistema. A resistência à tracção do bloco de espuma (espuma de poliéster por exemplo) deverá ser entre os 80 kPa e os 150 kPa.

A cola deve ser adequada para superfícies rugosas, madeira e para o bloco de espuma em utilização no teste de forma a não danificar o isolamento térmico, a camada base e assim não influenciar os resultados.

O painel de madeira deve ter as mesmas dimensões que a amostra do sistema ETICS.

3.5.3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Os componentes do sistema ETICS (fixadores, rede de reforço, produto de colagem, camada base) devem ser todos aplicados na amostra em conformidade com as especificações de cada um respectivamente. Deve reflectir o máximo possível toda a área de aplicação do sistema ETICS numa fachada.

A resistência à tracção depende da espessura do material de isolamento térmico. Por esta razão, o material de isolamento térmico no ensaio deve ter a espessura mínima, que é fornecida pelo fabricante do sistema e preenche o requisito de ETICS com uma determinada resistência térmica igual ou superior a 1 m².K/W. A determinação da resistência pode ser realizada após a cola estar completamente endurecida, tanto na ligação da camada base com a espuma como da placa de madeira com o bloco de espuma.

Para os resultados serem válidos, devem-se preparar no mínimo três amostras.

3.5.4. PROCEDIMENTO DO ENSAIO

O ensaio deve-se realizar com a temperatura a (23 ±5) °C.

1. Realizar medição da resistência à tracção até a falha ocorrer, em conformidade com a norma EN 1607.
2. Aplicar a carga de tracção perpendicular à superfície de ensaio (ver figura 3.1). A não ser que seja especificado o contrário ou acordado o aumento da carga ajustado a uma velocidade de carga constante para (10 ± 1) mm/min.
3. Registrar a força de tensão na carga máxima atingida. Rejeitar qualquer ensaio em que o modo de falha é uma fractura na camada de cola entre a amostra e o bloco de espuma ou entre o bloco de espuma e o painel de madeira.

Cálculo:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

σ - Resistência à tracção (kPa)

F - Força de tracção máxima (KN)

A – Área de secção da amostra (m²)

Os resultados devem ser arredondados para próximo de 1kPa.

3.6. EN13497:2002 – “THERMAL INSULATION PRODUCTS FOR BUILDING APPLICATIONS - DETERMINATION OF THE RESISTANCE TO IMPACT OF EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS (ETICS)”

3.6.1. INTRODUÇÃO

Esta Norma Europeia especifica o equipamento e um processo para determinar a resistência ao impacto dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior (ETICS).

A resistência ao impacto deste tipo de sistemas é determinada por meio de uma esfera de aço em queda sobre a superfície do ETICS. Quaisquer danos ocorridos são avaliados qualitativamente como por exemplo, caso a armadura de reforço se tenha tornado visível, ou caso o material de acabamento ou a camada de base tenham ficado visivelmente danificados ou a camada de base juntamente com a armadura de reforço tenham sido perfurados.

Para esta análise existem três tipos de ensaio de diferentes níveis de resistência:

Para o nível de resistência ao impacto de 2J, uma esfera de aço de 500g (± 5 g) cai de uma altura de 408 mm (± 1 mm). Para isso, um tubo vertical com diâmetro interno de pelo menos 2 mm maior que o diâmetro da esfera de aço e um comprimento de 408 mm, é erguido sobre uma superfície da amostra horizontal sobre a superfície da amostra teste.

Para o nível de resistência ao impacto de 10J, uma esfera de aço 1000g (± 10 g) cai de uma altura de 1020mm (± 1 mm). O tubo terá que possuir um diâmetro interno de pelo menos 2mm maior que o diâmetro da esfera de aço e neste caso um comprimento de 1020mm. A esfera cai através do tubo erguido verticalmente sobre a superfície da amostra. (fig. 3.2)

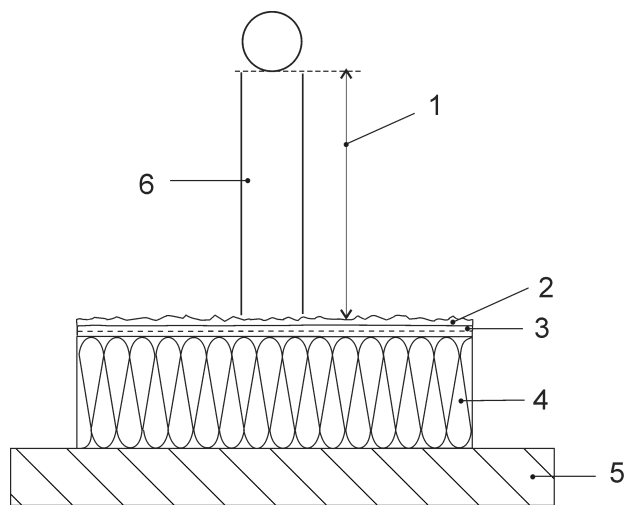


Fig.3.2 – Aparelho de ensaio. Modelo de teste de resistência ao impacto do sistema ETICS. [41]

Legenda:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Altura (2J): 408 milímetros | 4- Material de isolamento térmico |
| Altura (10J): 1020 mm | 5- Superfície plana e rígida |
| 2- Camada de acabamento | 6- Tubo vertical |
| 3- Camada de base com reforço | |

Pode também ser usado um aparelho de ensaio especificado na norma ISO 7892.

Neste caso, o corpo de impacto (esfera) cai como um pêndulo para a amostra disposta em posição vertical. Em caso de retorno do corpo de impacto, este será agarrado para evitar um segundo impacto. (fig. 3.3)

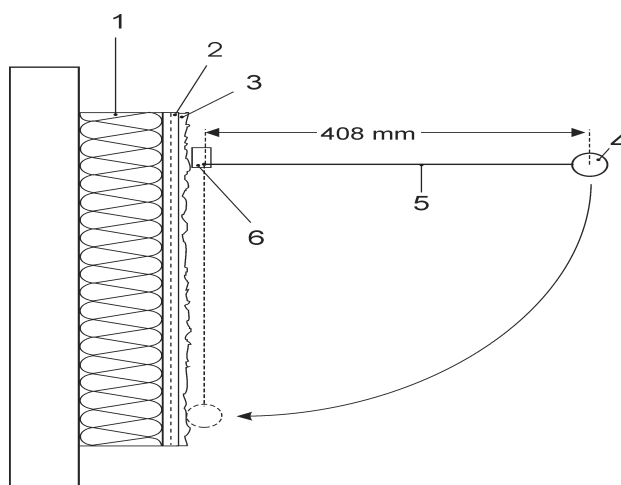


Fig.3.3 – Aparelho de ensaio. Modelo de teste de resistência ao impacto do sistema ETICS, segundo a ISO7892. [41]

Legenda:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Material de isolamento térmico | 4- Corpo de impacto (bola de aço) |
| 2- Camada de base com reforço | 5- Fio de aço |
| 3- Material de acabamento | 6- Dispositivo de fixação do fio |

As amostras devem reflectir o máximo possível toda a área de aplicação do sistema ETICS na fachada, em conformidade com as especificações de cada componente. Devem ter também dimensões mínimas de 200x200x60mm.

O número de amostras a preparar devem ser suficientes para realizar os 5 testes descritos nesta norma.

3.6.2. PROCEDIMENTO DO ENSAIO

1. Para o ensaio de 2J, uma esfera de aço de 500g cai de uma altura de 408 mmsobre a superfície da amostra em teste.
2. Para o ensaio de 10J, uma esfera de aço de 1000g cai de uma altura de 1020 mmsobre a superfície da amostra em teste.
3. Cada teste tem que ser realizado por cinco vezes em diferentes pontos da amostra (ou das amostras), esses pontos devem ter uma distância mínima de 100mm entre si e das bordas da amostra.

3.6.3. ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise que é feita destes ensaios é qualitativa, isto é, é feita uma descrição dos danos observados.

Os seguintes resultados são considerados danos:

- a armadura de reforço tornou-se visível;
- o material de acabamento ou a camada de base estão visivelmente danificados;
- a camada de base juntamente com a rede de reforço foi perfurada.

3.7. EN13498:2002 – “THERMAL INSULATION PRODUCTS FOR BUILDING APPLICATIONS - DETERMINATION OF THE RESISTANCE TO PENETRATION OF EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS (ETICS)”

Esta Norma Europeia especifica o equipamento e um processo para determinar a resistência à penetração em sistemas de isolamento térmico pelo exterior (ETICS).

A resistência à penetração é determinada por pressionar um dispositivo de penetração na superfície do sistema ETICS. A força máxima medida em Newton é registada como a resistência à penetração.

O aparelho de ensaio de compressão deve estar preparado para medir a força e o deslocamento envolvidos continuamente, devendo estar ajustado para uma velocidade constante de 10mm/min (± 1 mm/min).

De um lado, deve ter placas planas e rígidas do tamanho pelo menos da amostra a ser testada.

Do outro lado do aparelho deve ter o dispositivo de penetração. O dispositivo de penetração é um cilindro de aço com um comprimento mínimo de 30 mm e um diâmetro de 20mm ($\pm 0,1$ mm) e uma extremidade hemisférica com um raio de 10mm ($\pm 0,05$ mm). O eixo do cilindro de aço durante o ensaio é perpendicular à superfície da amostra.

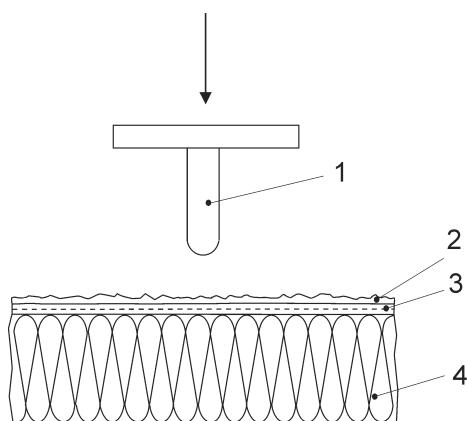


Fig.3.4 – Modelo de teste de resistência à penetração do sistema ETICS. [42]

Legenda:

1- Dispositivo para teste de penetração, $d = 20$ mm

3- Camada de base com reforço

2- Material de acabamento

4- Material de isolamento térmico

É equipado um sensor ou na placa ou no dispositivo de penetração para medir a força produzida pela reacção da amostra sobre o dispositivo de penetração. Este sensor deve permitir a medição contínua da força sendo gravado simultaneamente o deslocamento. O teste deve ser realizado no centro das cinco amostras.

A força máxima durante a penetração do cilindro de aço no ETICS é a resistência à penetração, expressa em Newton.

3.8. RELATÓRIOS TÉCNICOS

3.8.1. INTRODUÇÃO

Os Relatórios Técnicos da EOTA são desenvolvidos como documentos de referência das Guias de Aprovação Técnica Europeia (ETAG'S) e também podem ser aplicáveis nos casos onde a avaliação dos produtos é adoptada pelos Organismos de Aprovação dos respectivos Estados-membros que trabalham em conjunto com a EOTA. São também usados para desenvolvimento dos Procedimentos Comuns de Avaliação (CUAP- *Common Understanding of Assessment Procedure*), dos Documentos Interpretativos da EOTA (*Comprehension Document*) ou nas Aprovações Técnicas Europeias (ETA's). [27]

Estes Relatórios Técnicos detalham alguns aspectos e revelam o entendimento comum de conhecimentos e experiência dos respectivos organismos que fazem parte da EOTA.

Relativamente ao sistema ETICS, foram produzidos dois relatórios , que de seguida se identificam.

3.8.2. TR 025 – “DETERMINATION OF POINT THERMAL TRANSMITTANCE OF PLASTIC ANCHORS FOR THE ANCHORAGE OF EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS (ETICS)”

Este relatório serve como avaliação do isolamento térmico das âncoras (fixações), de acordo com a ETAG 014 para o sistema ETICS. A correcta avaliação do desempenho térmico do sistema assume que o efeito das âncoras usadas para fixar ao substrato é conhecido.

É reconhecido que cada âncora actua como uma ponte térmica e que se verifica um aumento das perdas de calor. Quanto maior a resistência térmica do suporte, maior será a influência das âncoras relacionada com a transferência de calor para o suporte.

O valor que determina a qualidade térmica da âncora é o ponto térmico de transmissão da âncora, χ . Este valor não é igual para todos os produtos, dependendo da condutividade térmica e espessura do substrato e do isolamento térmico.

3.8.3. TR 026 – “EVALUATION OF PLATE STIFFNESS FROM PLASTIC ANCHORS FOR FIXING OF EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS WITH RENDERING (ETICS)”

A verificação da aptidão para o uso pretendido para isolamento térmico pelo exterior (ETICS) está especificada no ETAG 004 [3].

A fixação das âncoras no substrato está especificada no ETAG 014 [34].

A resistência da carga do ETICS fixado exclusivamente por âncoras é determinada de acordo com o ETAG 004 e está particularmente ligada às propriedades mecânicas da placa de ancoragem e ao

material de isolamento. Até agora, nem no ETAG 004, nem no ETAG 014 estão especificadas as exigências para esta característica.

Se a resistência característica atingir pelo menos 1,0 kN, a aplicação está de acordo com a resistência característica definida na ETAG 004 e pode ser assegurada.

Este relatório técnico especifica o teste de punçoamento necessário para a avaliação da rigidez da placa de plástico da âncora, de acordo com o ETAG 014, para a fixação do sistema de isolamento térmico pelo exterior.

A avaliação da rigidez da placa é opcional.

Se a rigidez da placa for avaliada, deverá estar indicado na ETA para as âncoras de plástico:

- a resistência à carga da placa de ancoragem;
- o diâmetro da placa de ancoragem
- a rigidez da placa.

4

DEGRADAÇÃO DO SISTEMA

4.1. PRINCIPAIS ANOMALIAS - RESPECTIVAS CAUSAS E MEDIDAS PREVENTIVAS

O sistema ETICS, como qualquer outro elemento de construção, encontra-se sujeito a muitos factores de degradação do seu estado inicial. Problemas do sistema afectam directamente o seu desempenho, tornando-o desadequado, manifestando-se isso através de anomalias do mesmo.

Enumeram-se as principais anomalias e exploram-se as possíveis causas para a sua ocorrência, tendo por base um estudo realizado por Tiago Lopes na sua tese de mestrado de Reabilitação do Património Edificado, subordinada ao tema “Fenómenos de Pré-Patologia em Manutenção de Edifícios”:

- Visualização / demarcação das juntas das placas:

Esta situação é identificada pela observação das juntas das placas do isolante sob o revestimento utilizado, assistindo-se a um decalque da superfície das placas na área das respectivas juntas.



Fig.4.1 – Visualização das juntas das placas [33]

A observação deste fenómeno é tanto maior quanto maior fôr a incidência de luz e calor na fachada do edifício e a sua origem poderá estar relacionada com duas situações distintas:

- Ligeiro empolamento da superfície exterior das placas devido às solicitações higrotérmicas;
- Deficiências de regularidade dimensional das placas ou até num desfasamento de planimetria das mesmas (desníveis).



Fig.4.2 – Desfasamento de planimetria – Edifício L FEUP

Para prevenir esta situação terá que haver rigor na selecção de materiais e uma correcta aplicação do sistema sobre um suporte regular. A correcta aplicação de placas de isolamento térmico (EPS) regularizadas dimensionalmente, isto é, com corte perfeitamente executado e sem desnivelamentos, e, se possível, com ligações nas juntas do tipo macho-fêmea, diminuirá a probabilidade de verificação da anomalia.

- Alteração de cor das superfícies:

A origem desta anomalia reside nos escorrimentos anómalos de água pela fachada e na acumulação de poeiras e sujidades provenientes do espaço circundante.



Fig.4.3 – Manchas de escorrimento [33]

Os escorrimentos são causados por defeitos ou anomalias de elementos construtivos (rufos, peitoris, etc.) Por outro lado, a acumulação de poeiras, poluição e outras sujidades nestes elementos podem condicionar o regular escorrimento da água pelos canais projectados e fomentar ainda mais o surgimento de escorrimentos nas paredes. A oxidação de elementos metálicos da fachada (letras, caixilhos, capeamentos, etc) também pode originar esta anomalia.



Fig.4.4 – Manchas de acumulação de sujidade – Edifício G FEUP

Para combater este problema deverá recorrer-se a uma pintura apropriada ainda na fase de projecto, principalmente em fachadas com elevada exposição ao vento ou à poluição atmosférica, diminuindo o atrito superficial. A acrescentar a esta medida deve-se também executar correctamente os diversos elementos construtivos que possam causar escorrências (por exemplo: rufos, peitoris) e utilizar materiais resistentes à oxidação nos diversos elementos que integram a fachada (acessórios decorativos ou indicativos). Uma correcta execução das misturas dos produtos que constituem o revestimento do isolante, bem como a sua aplicação em condições climatéricas adequadas, são condições necessárias para enodoamento equilibrado e homogéneo ao longo do tempo.

- Fissuração do revestimento:

Umas das anomalias mais complexas e com maior expressão do sistema ETICS é precisamente a fissuração do revestimento. Existem vários fenómenos de fissuração:

- de extensão e direcção variável (fig. 4.5);



Fig.4.5 – Fissuração de extensão e direcção variável – Edifício D FEUP

- diagonal, de extensão limitada, junto a cantos de janelas (fig. 4.6);



Fig.4.6 – Fissuração diagonal junto a cantos de janelas – Edifício H FEUP

- nas imediações de juntas de dilatação (fig. 4.7);



Fig.4.7 – Fissuração nas imediações de juntas de dilatação – Edifício G FEUP

- junto a elementos construtivos (caixilharias, peitoris, etc.) (fig. 4.8 e fig. 4.9);



Fig.4.8 e Fig. 4.9 – Fissuração junto a elementos construtivos: peitoris e apoio de pala de sombreamento – Edifício G FEUP

- junto à transição de corpos de dimensão e rigidez distinta (fig. 4.10);



Fig.4.10– Fissuração junto à transição de corpos de dimensão distinta – Edifício G FEUP

- micro, reticulada e ortogonal com passo de 2 a 4cm do acabamento final (fig. 4.11);

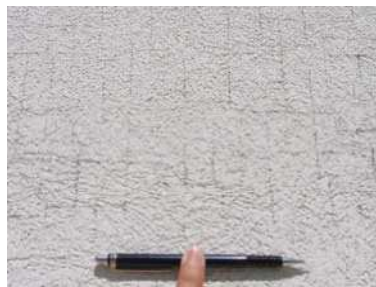


Fig.4.11 – Microfissuração reticulada [33]

- vertical com espaçamento regular sobre cantoneiras de arranque (fig. 4.12);

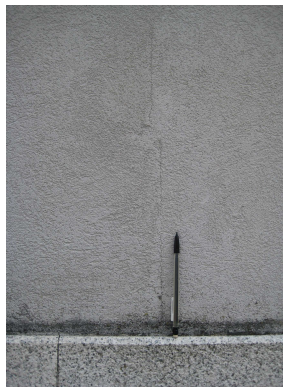


Fig.4.12 – Fissuração vertical nas juntas entre perfis de arranque [33]

- sobre as juntas das placas;

- larga no revestimento do isolante (fig. 4.13);



Fig.4.13 – Fissuração larga no revestimento do isolante – Edifício L FEUP

- aleatória do revestimento do isolante (fig. 4.14);



Fig.4.14 – Fissuração aleatória [33]

As causas que estão na origem dos tipos de fissuração apresentados são as seguintes:

- Falta pontual de armadura de fibra de vidro e incorrecto posicionamento da mesma e/ou inexistência de reforços necessários;
- Espessura desadequada (reduzida ou excessiva) da camada base;
- Preenchimento das juntas das placas com produto da camada base, pelo facto de este permitir pontes térmicas e consequente irregularidade no revestimento;
- Existência de juntas não preenchidas entre placas com abertura superior a 2mm;
- Ausência de juntas na ligação do sistema a elementos construtivos;
- Utilização de materiais do revestimento em mau estado de conservação;
- Condições climáticas desfavoráveis (temperaturas baixas, chuva e vento forte) durante a execução, associadas a uma incorrecta preparação e aplicação da cola e revestimento;
- Instabilidade do ETICS devido à sua dessolidarização do suporte;
- Acabamentos de cor escura em locais de radiação solar elevada;
- Coexistência de cores escuras e claras no mesmo pano de fachada;
- Movimentos do suporte;
- Coincidência das juntas das placas com as descontinuidades do suporte;
- Isolante com insuficiente estabilidade dimensional, camada base ou acabamento pouco flexíveis (utilização de sistemas não homologados).

Analisando as diferentes causas, consegue-se verificar que muitos dos erros cometidos que provocam as diferentes fissurações têm origem ou numa má execução ou numa má concepção da solução projectada.

Eventuais erros de execução, tais como falta de incorporação da rede de fibra de vidro na camada de base ou o seu incorrecto posicionamento, diminuem a resistência do sistema à fissuração do revestimento, para além de se tornar menos estanque.

Se porventura, na fase de concepção, a espessura da camada base não for devidamente calculada e/ou especificada, poderá reflectir-se num fraco recobrimento da rede de fibra de vidro e assim proporcionar o referido fenómeno.

- Empolamento do acabamento:

O empolamento do acabamento caracteriza-se por uma alteração da sua superfície através da formação de empolamentos (bolhas). Normalmente, esta anomalia leva à rotura da zona em questão, fissurando e, eventualmente, descascando (fig. 4.15).



Fig.4.15 – Empolamento do acabamento – Edifício G FEUP

Uma das possíveis origens desta situação poderá estar na degradação ou incorrecta execução de diversos elementos construtivos da envolvente exterior (rufos, peitoris, juntas de dilatação ou de dessolidarização de alguns elementos, etc.).

Poderá verificar-se a existência de zonas com o acabamento fissurado ou destacado, provocando infiltrações de água para o interior, que agravam ainda mais este fenómeno com o decorrer do tempo sem manutenção. Outro motivo estará relacionado com uma reduzida permeabilidade ao vapor de água do acabamento final.

Para evitar o surgimento desta anomalia, deverá ter-se em atenção, ainda na fase de projecto, à correcta concepção da solução escolhida. Os materiais e produtos escolhidos para juntas de dilatação, produtos de acabamentos, peitoris, entre outros, deverão ser alvo de particular cuidado.

Os diversos remates com a fachada deverão ser correctamente executados, assim como o deverá ser a aplicação dos produtos de acabamento, por forma a reduzir a probabilidade de surgimento desta situação. Operações de manutenção têm uma enorme influência no acautelar de empolamentos do acabamento.

- Descasque do acabamento:

Descasque do acabamento acontece quando há destacamento e queda do acabamento final relativamente à camada base (fig. 4.16).



Fig.4.16 – Descasque do acabamento [33]



Fig.4.17 – Descasque do acabamento – Edifício I FEUP

O fenómeno começa com uma microfissuração do acabamento final, que com a acção dos agentes exteriores provoca o destacamento gradual do acabamento até à queda por completo.

Isto acontece porque:

- a camada base e o acabamento são incompatíveis – normalmente acontece quando são utilizados materiais não homologados;
- a espessura do recobrimento da armadura projectada ou aplicada é insuficiente;
- a aplicação do acabamento se revela insuficiente, pelo registo de temperaturas elevadas na aplicação, que leva a uma secagem rápida alterando as propriedades do material ou por uma mistura não homogénea com desrespeito das dosagens adequadas;
- os materiais utilizados se encontram em mau estado de conservação aquando da sua aplicação.

Esta anomalia pode ser combatida com uma correcta aplicação do revestimento do isolante e utilizando materiais de sistemas homologados e em bom estado de conservação.

- Dessolidarização do sistema:

Este tipo de anomalia caracteriza-se por um descolamento do sistema (ou parte dele) do respectivo suporte ou outro constituinte do sistema. É o fenómeno menos frequente relativamente aos restantes já descritos, mas é o mais gravoso e o que mais afecta o nível de desempenho do sistema ETICS.

As suas consequências concretizam-se em duas proporções distintas: dessolidarização parcial ou dessolidarização generalizada com consequente queda do ETICS (fig. 4.18).



Fig.4.18 – Dessolidarização e queda generalizada do sistema [12]

As causas encontradas para esta situação resumem-se às seguintes:

- Deficiente preparação do suporte, que apresentam sujidades, poeiras e produtos hidrófugos;
- Incorrecta aplicação do sistema em circunstâncias climatéricas desfavoráveis (humidade e baixas temperaturas);
- Colagem e fixação mecânica ineficientes;
- Insuficiente protecção superior da parede (rufos, etc.) e consequente infiltração de água para o tardo do sistema;
- Má execução de pontos singulares tais como caixilharias, peitoris, etc.;
- Movimentos acentuados do suporte incompatíveis com a estabilidade do sistema.

Este tipo de anomalia será evitado executando-se correctamente o sistema ETICS sobre um suporte preparado convenientemente.

- Perfuração do sistema (uso/choques):

A anomalia mais recorrente e mais visível da fragilidade do sistema ETICS é a perfuração do revestimento (acabamento). A baixa resistência ao choque (punçoamento) aliada a uma insuficiente protecção adequada, principalmente nas zonas acessíveis facilitará a ocorrência destas situações.



Fig.4.19 – Choque acidental – Edifício G FEUP

Choques acidentais (devido à circulação de pessoas, veículos ou objectos), choques por negligência humana (vandalismo, objectos arremessados) assim como atravessamento da fachada por cablagem, iluminação e/ou apoios, também são circunstâncias que provocam esta anomalia do sistema.

É caracterizada por uma rotura localizada devido ao choque na superfície do sistema que dependendo da intensidade da acção/choque poderá ser mais profunda e assim atingir a armadura de reforço existente. O rompimento da rede de fibra de vidro tornará a anomalia bastante mais grave e de maior dificuldade na sua reparação.

Para prevenir esta situação, recomenda-se o reforço da resistência ao choque nas zonas acessíveis recorrendo ao reforço da armadura, à utilização de materiais mais resistentes ao choque como acabamento ao nível do solo (revestimentos cerâmicos, argamassas reforçadas, etc.) e também a utilização de acessórios (batentes nas portas, obstáculos que impeçam choques de veículos, passeios, etc.).

4.2. AGENTES DE DEGRADAÇÃO

4.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A norma ISO 15686-1 apresenta os tipos de agentes de degradação que influenciam a durabilidade dos produtos de construção em geral (ver quadro 4.1). Define degradação como *a alteração ao longo do tempo da composição, microestrutura e propriedades de um produto, material ou componente que resulta numa redução do seu desempenho*. [2]

As alterações mencionadas são resultado da acção dos agentes de degradação e o do desgaste natural do uso, que provocam uma inevitável diminuição na qualidade funcional.

É fundamental conhecer os agentes de degradação, uma vez que são várias as acções que influenciam a durabilidade dos produtos, bem como quantificar os efeitos provocados no sistema.

A quantificação dos efeitos é conhecida através da frequência e dos ciclos nos diferentes estados, da intensidade, da concentração e do nível dos mesmos.

A forma como vários factores se relacionam, conjuntamente com o facto de essa actuação propiciar o envelhecimento, deverá ser alvo da análise dos agentes de degradação. Em determinadas circunstâncias, é menos prejudicial a actuação dos agentes em condições extremas, mais estáveis do que em condições moderadas mais instáveis.

No Quadro 4.1, retirado da norma ISO 15686-1 (Anexo C), enunciam-se os tipos de agentes de degradação que se consideram afectar a duração da vida útil dos produtos da construção em geral.

Quadro 4.1 – Agentes de degradação [2]

Natureza	Classe	Exemplos
Mecânica	Gravitacionais	Acções permanentes, sobrecargas, acção da neve
	Forças Aplicadas e Deformações impostas ou restringidas	Expansão e contracção, formação de gelo, deslizamento de terras
	Energia cinética	Impactos, choque hidráulico
	Vibrações	Vibrações devidas a tráfego ou equipamentos
Electromagnética	Radiação	Solar, UV, radioactividade
	Electricidade	Reacções electrolíticas, iluminação eléctrica
	Magnetismo	Campos magnéticos
Térmica	Níveis extremos ou variações acentuadas de temperatura	Calor, geada, choque térmico, fogo
Química	Água e solventes	Humidade do ar, humidade do solo, precipitação, álcool
	Agentes oxidantes	Oxigénio, desinfetantes
	Agentes redutores	Sulfuretos, amoníaco
	Ácidos	Ácido carbónico, excrementos de pássaros
	Bases	Cimento, hidróxidos, cal
	Sais	Nitratos, fosfatos, cloretos, gesso
	Substâncias quimicamente neutras	Gordura, óleo, calcário
Biológica	Plantas e micróbios	Bactérias, bolores, fungos, raízes
	Animais	Roedores, térmitas, vermes, pássaros

De seguida, procede-se à identificação destes agentes enunciados actuantes no sistema ETICS.

4.2.2. MECÂNICA

Os agentes de degradação de natureza Mecânica mais importantes que se identificam ao caso do sistema ETICS são as Forças aplicadas e deformações impostas/restringidas e Energia Cinética.

4.2.2.1. Forças aplicadas e deformações impostas ou restringidas

Para o sistema ETICS, analisando a influência deste agente de degradação, é preciso ter especial atenção à porosidade da camada de acabamento, uma vez que a água que se deposita nos poros da superfície com sucessivos ciclos de gelo-degelo poderá provocar fissuras. Assim, nos sistemas localizados em zonas com climas em que há grande probabilidade de formação de gelo à superfície da camada de acabamento, as fissuras poderão dar início, caso não haja manutenção adequada, à destruição da primeira camada superficial do sistema. [8]

Fundamental para uma solução de revestimento pelo exterior, como o sistema ETICS é, sustentar, sem fissurar, deformações decorrentes de variações térmicas. No entanto, é natural que o sistema fissure

com deformações provenientes de assentamentos diferenciais do edifício uma vez que a sua condição de revestimento pelo exterior assim o sujeita. [6]

4.2.2.2. Energia cinética

O sistema ETICS apresenta como fragilidade sua uma baixa resistência aos impactos sendo muitas vezes o principal factor de degradação da solução.

Por exemplo, a queda de granizo numa fachada com sistema ETICS aplicado poderá ter uma acção bastante gravosa na superfície do mesmo, tendo como consequência o surgimento de algumas mossas ou até mesmo de perfuração da camada superficial.

Em casos extremos de impactos poderá ser necessário proceder à substituição total do sistema. [13]

4.2.3. ELECTROMAGNÉTICA

O agente de natureza Electromagnética actuante sobre o sistema ETICS é a Radiação.

A radiação solar tem muita importância na análise da durabilidade do sistema ETICS uma vez que a sua incidência sobre a camada superficial (acabamento) poderá provocar um grande desgaste.

A acção dos raios solares prejudica o tratamento alcalino que a rede de reforço (fibra de vidro) deve possuir. Caso o sistema esteja bem projectado e executado a rede estará protegida disso mesmo pelo recobrimento planeado para a camada base, assim como para a camada final. No entanto, pode não acontecer esta situação, e com o decorrer do tempo, existirem danos que exponham a rede de reforço a radiação UV. Nestas situações a acção dos raios solares é grave uma vez que rapidamente desgasta o referido tratamento alcalino quando em contacto directo. [13]

4.2.4. TÉRMICA

A classe de degradação actuante sobre o sistema ETICS identificável como sendo de natureza térmica é a variação acentuada de temperatura.

Sendo o revestimento térmico pelo exterior a “capa” de um edifício, fica sujeito a grandes variações de temperatura. Associado aos valores máximos de temperatura superficial do sistema está a escolha da cor do acabamento. Assim, o recurso a cores cujo coeficiente de absorção da radiação solar (α_s) seja superior a 0,7 não será permitido pelos documentos de homologação do sistema, pois pode colocar em risco a integridade do sistema. O valor máximo admissível para a temperatura superficial no documento ETAG 004 é de 80°C e cores com factores de absorção de radiação solar (α_s) acima dos 0,7 podem gerar temperaturas superficiais acima deste valor admitido. [3]

Temperaturas elevadas podem causar fissuras e desgaste de recobrimento da camada de acabamento.

O recurso a diferentes tonalidades na mesma fachada do edifício pode gerar tensões provocadas pelas diferenças de temperatura superficial e consequentemente o surgimento de fissuras nesta zona. Assim, de modo a evitar esta situação, deverá prever-se uma junta de controlo no interface das duas cores. Como critério de decisão para avançar com a aplicação desta junta no interface, deve-se verificar uma diferença entre os respectivos factores de absorção superior a 0,2.

As placas de EPS, como exigência de desempenho do sistema, devem ser auto-extinguíveis, isto é, no caso de incêndio (ou temperaturas a rondar os 100°C) as mesmas contraem-se e fundem-se não provocando ainda mais chamas. Nestas situações, pode acontecer que a camada superficial fique intacta visualmente. No entanto, o sistema fica muito fragilizado termicamente. [12]

4.2.5. QUÍMICA

4.2.5.1. Água e solventes

Durante a aplicação do sistema, se não se tiver o cuidado de o fazer em determinadas condições atmosféricas podem surgir problemas no sistema.

Essas condições tanto podem ser temperaturas extremas (elevadas ou baixas), como elevada humidade relativa do ar, a humidade na superfície onde vai ser aplicado um dos componentes do sistema, como a combinação destes factores. Caso esta situação se verifique, a ligação entre os diferentes componentes do sistema ETICS pode ficar comprometida, originando empolamentos e até destacamentos de partes ou de todo o sistema aplicado.

No caso de o sistema ser aplicado até ao solo, deverão ser tomadas medidas de protecção (impermeabilização) até a uma altura que proteja o sistema da acção de humidade ascensional. Os produtos existentes para serem aplicados na camada de acabamento têm propriedades impermeabilizantes, protegendo o sistema de penetração de água. No entanto, caso haja falhas noutros pontos da fachada que permitam a entrada de água no sistema, a sua durabilidade será comprometida havendo uma degradação mais rápida do sistema. [33]

4.2.5.2. Produtos químicos – Agentes oxidantes, redutores, ácidos, bases, sais e substâncias quimicamente neutras

Desinfectantes fortes, ácidos, sais, entre outros poderão ser agressivos para a camada superficial e até para camadas interiores.

Poderão ocorrer casos em que cimentos degradem a rede de reforço (fibra de vidro) caso esta não esteja devidamente protegida. O ambiente alcalino do cimento prejudica seriamente a fibra de vidro diminuindo assim as suas capacidades.

4.2.6. BIOLOGIA

4.2.6.1. Plantas e micróbios

A existência de vegetação, nomeadamente de árvores, nas proximidades de uma fachada com sistema ETICS aplicado poderá ter uma enorme influência na degradação do seu desempenho.

As ramificações de uma árvore em conjunto com a acção do vento, através da sua oscilação poderão proporcionar perfurações acentuadas no sistema.

Bactérias, bolores, fungos e algas não afectam directamente a integridade do sistema em si, mas o aspecto visual é afectado negativamente, pois surgem manchas alongadas do escoamento da água que arrasta matéria orgânica, obrigando a um maior número de operações de manutenção. [33]

4.2.6.2. Animais

Alguns animais, nomeadamente pássaros e cães, poderão provocar danos no sistema, dada a sua fragilidade na resistência aos choques e impactos. Algumas aves poderão “picar” a camada de acabamento com maior facilidade que outras soluções mais resistentes, degradando assim mais facilmente o sistema aplicado.

4.3. FACTORES INFLUENTES NA VIDA ÚTIL DOS ETICS

4.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Sendo o sistema ETICS um sistema que é constituído por diferentes materiais e componentes que se podem conjugar de diferentes formas e proporções, geram-se logo à partida motivos de preocupação na análise da influência de cada factor na vida útil do sistema. O modo como a qualidade dos materiais seleccionados, ou a qualidade dos seus fornecedores, do trabalho dos aplicadores e projectistas influenciam a durabilidade da solução é importante para se proceder ao estudo da mesma.

Como já se pode constatar, a versatilidade do ETICS aplica-se de diversas formas: o tipo e o modo de fixação, as diferentes camadas de materiais e respectivas espessuras calculadas, assim como a textura do acabamento são um bom exemplo disto.

A versatilidade verifica-se também nos diferentes modos de aplicar o sistema em diversas situações tais como interrupções devidas a vãos envidraçados, acessórios e pormenores arquitectónicos.

Para melhorar o desempenho do sistema com esta sua enorme versatilidade, é essencial que o dimensionamento (características dos materiais e espessuras) e a concepção do projecto (correcta pormenorização) ajudem a uma correcta aplicação do sistema e suas *nuances*.

As solicitações a que o sistema vai estar sujeito, assim como o local de implementação da solução poderão exigir modificações na constituição do ETICS.

Da qualidade de execução depende muito o desempenho do sistema pois não havendo uma correcta aplicação, com os cuidados necessários e exigidos, verifica-se a sua deteiorização. Para que tal aconteça, a mão-de-obra aplicadora do sistema deverá garantir o cumprimento das espessuras previstas e uma correcta execução dos pormenores essenciais. [12]

O aspecto visual do sistema ETICS degrada-se após alguns anos de serviço, no entanto as camadas interiores deverão manter um desempenho próximo do inicial. Se se proceder a algumas acções de manutenção periódicas que restabeleçam a qualidade do aspecto visual inicial e a espessura da camada de acabamento, a durabilidade do sistema aumentará. [13]

O tipo e o número de acções de manutenção estão directamente relacionados com a influência que a acção dos agentes naturais e o tipo de uso têm sobre o sistema. [33]

4.3.2. MATERIAIS

4.3.2.1. Suporte

Como suporte é corrente a utilização de paredes de alvenaria (tijolos) ou de betão, existindo também casos de recurso a madeira como suporte do sistema.

A sua espessura pode variar entre os 15cm no caso de ser em betão e os 22cm habituais numa parede de alvenaria. Deverá ser estável e estar em condições de proporcionar a aderência exigida. Para tal, é importante que esteja limpo, regular e livre de humidade antes de se proceder à aplicação do sistema.

Nas situações de reabilitação é importante aferir a capacidade resistente do suporte. Assim, devem-se efectuar alguns ensaios que permitam retirar conclusões quanto à sua resistência e em caso de insuficiência deverá remover-se o antigo revestimento ou removê-lo.

Neste estudo, o suporte não será considerado como parte integrante do sistema ETICS, muito embora alguns investigadores considerem que faça parte do mesmo, uma vez que dele dependem algumas soluções a adoptar no sistema, nomeadamente o tipo de fixação e a espessura do isolamento térmico. Assim, a sua influência na estimativa da vida útil do sistema será evidenciada na qualidade de execução, tendo em conta as condições que são necessárias garantir no suporte para que se proceda à instalação do ETICS.

4.3.2.2. Produto de colagem

O produto de colagem deverá ser um produto à prova de água e exige um suporte compatível e em bom estado de conservação devidamente limpo. É importante que tenha propriedades elásticas que permitam aguentar os deslocamentos provocados pelas variações térmicas e pequenas deformações estruturais. Para que exista uma boa aderência entre o produto de colagem e o suporte, este deverá apresentar um baixo teor de humidade superficial no momento da aplicação. É essencial que o próprio produto possua uma elevada aderência para que corresponda ao comportamento pretendido. Produtos de colagem homologados deverão à partida garantir estas condições no que ao produto em si depende. Em obra, produtos de colagem pré-doseados, à partida, dão mais garantias de correspondência do desempenho previsto em projecto uma vez que recorrendo a misturas *in situ* corre-se o risco das proporções realizadas não serem as estabelecidas.

4.3.2.3. Material de isolamento térmico (placas EPS)

Existem vários materiais de isolamento térmico, no entanto, para este estudo será analisado isolamento térmico por placas de poliestireno expandido (EPS).

As características deste material estão especificadas na norma EN 13163:2001. [44]

A capacidade de isolamento térmico analisa-se através da condutibilidade térmica (λ – W/m°C) e na espessura da placa. Assim a relação entre a densidade do material e o respectivo CCT é importante para assim se obterem melhores resultados térmicos com a menor espessura possível. Um coeficiente de valor menor denota uma capacidade de isolamento térmico superior. Para efeitos de cálculo o coeficiente de condutibilidade térmico toma o valor de 0,04 W/m°C. [44]

Para aplicação num sistema ETICS, a densidade das placas de EPS deve variar entre os 14kg/m³ e os 25 kg/m³. Materiais EPS mais densos possuem menor Coeficiente de Condutibilidade Térmica, logo têm um melhor isolamento térmico. [44] O recurso a placas com menores densidades poderá levar à acumulação de água no interior dos poros do isolamento e desta situação ocorrerem danos (fissuras, problemas nas juntas, etc).

O recurso a placas de maior densidade, menos espaços de ar possuem, faz com que a permeabilidade ao vapor seja mais reduzida. Esta situação se for mal projectada pode levar a que o sistema não “respire” devidamente podendo provocar descolamento parcial ou total de algumas camadas. A espessura não deverá ser inferior a 30mm. [53]

A classe de reacção ao fogo deste material, segundo a portaria nº 1532/2008, para edifícios de pequena e média altura é Classe E. Para edifícios com altura superior a 28m de altura a Classe mínima é B. [50]

O nível mínimo de aptidão de utilização do isolamento deverá ser $I_2S_4O_3L_4E_2$, satisfazendo as especificações do documento “*Polystyrène expansé moulé certifié ACERMI - Spécifications particulières à l'emploi comme support d'enduit mince (PSE collé et fixe mécaniquement)*” [12].

4.3.2.4. Camada de base

Como camada base recorre-se à utilização de argamassas de revestimento que têm como característica fundamental uma boa aderência com o material de isolamento térmico. A norma que especifica características das argamassas para o sistema ETICS é a EN 998-1. [48] A sua espessura deve ser dimensionada para se situar entre os 2 e os 5mm. No entanto, uma boa prática consiste em não aplicar menos do que 2,5mm de espessura pois espessuras menores não garantem a eficiência necessária e proporcionarão um envelhecimento prematuro dos materiais. É importante que a camada de base tenha características que lhe permitam reter a água e ao mesmo tempo garanta a “respiração” do sistema. Para tal, devem-se utilizar reduzidas percentagens de cimento na sua constituição permitindo dessa forma uma menor probabilidade de incompatibilidade com a rede de reforço e uma eficaz prevenção do aumento de rigidez e de perda de flexibilidade.

Os sistemas mais comuns recorrem a revestimentos de ligante misto (constituídos por cimento, resina e areia). Estes revestimentos têm boa aderência ao isolante térmico e raramente têm problemas de fendilhação. Por outro lado, a resistência aos choques não é a desejável e a reacção ao fogo dos sistemas com estes revestimentos é, em geral, M1 ou mesmo M2. [55]

Os sistemas com revestimentos de ligante mineral (constituídos por cimento, areia e adjuvantes vários) são necessariamente aplicados em camada mais espessa do que os ligantes mistos (8 a 10 mm). Contudo, estes revestimentos continuam a ser mais susceptíveis à fendilhação, o que diminui a sua eficiência no que diz respeito à estanquidade à água do sistema. A aderência ao isolante é mais difícil. Por outro lado, asseguram melhores resistências aos choques e têm um comportamento ao fogo mais favorável. [55]

4.3.2.5. Rede de reforço (fibra de vidro)

É o elemento responsável pela resistência ao impacto de todo o sistema. Deve ser protegida da humidade e de ataques alcalinos, através de um tratamento anti-alcalino. Não deverá estar muito próxima da camada de base, recomendando-se que esteja embebida 0,4mm para a sua protecção ser mais eficaz.

A sua abertura deverá ser suficientemente pequena para que seja possível apresentar a resistência à tracção que é exigida. No entanto, deverá ser suficientemente grande para que seja possível garantir uma boa aderência ao material de revestimento.

Para camadas base de ligante misto, as armaduras são normalmente rede fibra de vidro com abertura próxima de 4x4mm. No caso de camadas base de ligante mineral, as armaduras normalmente são malhas de fibra de vidro de abertura na ordem dos 10x10mm ou redes metálicas com protecção anticorrosiva. [55]

A colocação de redes com malha não homogénea pode provocar a existência de “pontos fracos” onde os valores da tensão máxima resistente serão menores. A rede funciona como um reforço porque distribui as tensões que se formam na superfície devido a impactos, variações térmicas, etc.

A aplicação das redes de fibra de vidro deve ser feita preferencialmente nas seguintes zonas [32]:

- heterogéneas de suporte revestidas em continuidade (ligações alvenaria-estrutura);
- de vértice dos vãos;
- do suporte fendilhadas;
- em que seja necessário fazer enchimentos localizados, usando camadas de reboco mais espessas que nas zonas adjacentes.

4.3.2.6. Camada de acabamento

Encontra-se directamente exposta a diversos agentes tais como a radiação solar, consequente variação térmica, humidade, micro organismos, pluviosidade, vento etc.

O acabamento deverá ser impermeável à água mas permeável ao vapor, como tal na sua constituição a concentração de polímeros acrílicos deverá ser elevada de forma a apresentar uma boa flexibilidade, durabilidade, boa resistência à penetração de água e boa resistência alcalina.

A camada de acabamento é susceptível a ataques fungicidas pois alguns dos seus constituintes actuam como nutrientes a fungos e algas. Para combater esta situação é conveniente aplicar um fungicida e um algicida após a sua execução.

A sua espessura deverá encontrar-se entre os 2 e os 7mm.

É esta camada que revela o aspecto final do sistema quer pela cor que apresenta, quer pelo seu relevo. De forma a preservar a sua cor, o acabamento final não deverá ter um coeficiente de absorção de radiação solar muito elevado ($\alpha_s < 0,7$).

Para que se verifique um bom desempenho do revestimento é importante que se recorra ao mesmo lote de produto na aplicação no mesmo pano de fachada.

4.3.2.7. Acessórios do sistema

A existência de acessórios influencia a vida útil do sistema uma vez que estes funcionam como reforço em locais considerados frágeis. Se por exemplo num canto da fachada existir um perfil de ângulo a integridade do sistema é maior uma vez que impede a deformação ou outro tipo de estrago.

Já a utilização de perfis de arranque funcionam como calha para a colocação das placas de EPS e se forem correctamente dimensionados e executados permitem o remate das camadas do sistema.

As juntas de dilatação do edifício deverão ser respeitadas pelo sistema, que deverá ser interrompido. O remate destas juntas deverá ser feito com a utilização do perfil de junta de dilatação, que será colado aos bordos das placas.

4.3.3. PROJECTO E PORMENORES

O sistema ETICS tem que ser necessariamente dimensionado para corresponder favoravelmente às solicitações que poderá estar sujeito.

No seu dimensionamento é necessário ter em consideração os seguintes aspectos:

- Local de implantação do sistema: zona climática e nível de conforto pretendido;
- Tipo de acabamento pretendido;

- Tipo de suporte: é necessário adaptar a espessura do isolamento ao suporte existente;
- Exposição da parede de fachada (choques, exposição solar, vento, chuva)

O local de implantação do sistema está directamente relacionado com a zona climática onde se encontra. A zona climática e o nível de conforto pretendido têm sobretudo influência na espessura do isolamento térmico (placas EPS), através do cálculo do coeficiente de transmissão térmica que tem valores previstos no RCCTE.

O tipo de suporte tem influência no dimensionamento da espessura do isolamento térmico (placas EPS) uma vez que os suportes podem ser executados em materiais e espessuras diferentes, logo influencia o coeficiente de transmissão térmica e a consequente espessura do isolamento.

Em fachadas muito expostas, quer aos choques quer aos agentes atmosféricos, deverão ser dimensionadas espessuras de camadas de base e de acabamento mais espessas.

Deverão ser evitadas soluções que permitam que a água da chuva, arrastando detritos e sujidades, possa escorrer lateralmente a partir da superfície do peitoril, originando o surgimento de manchas escuras sobre a superfície do revestimento.

Em zonas de acesso público, até 1,5m de altura, o sistema deverá ser reforçado para aumentar a sua capacidade de resistir a acções fortuitas ou intencionais de degradação. Deverá ser acrescentada uma nova camada de rede reforçada.

As zonas envolventes dos vãos deverão ser objecto de reforços específicos com rede de fibra de vidro. Estes deverão ser posicionados em toda a envolvente do vão, com reforços adicionais posicionados nos cantos com inclinação 45°.

As esquinas do sistema são zonas potencialmente frágeis com tendência, pela sua geometria, a apresentar fissuras no revestimento. Por isso, deverão ser reforçadas com perfis de esquina rígidos adequados e a dobragem sobre o ângulo da rede de reforço do revestimento. É recomendável utilizar perfis que já incorporam bandas de rede perfeitamente ajustadas, melhorando a qualidade do resultado.

Sendo o sistema ETICS uma solução que envolve todo o edifício, é necessário ter em atenção os locais onde este sofre interrupções. A má elaboração de desenhos pormenorizados, a nível de projecto, e a consequente má aplicação pode provocar graves danos a curto prazo e a necessidade de manutenções frequentes ou até mesmo à substituição do sistema.

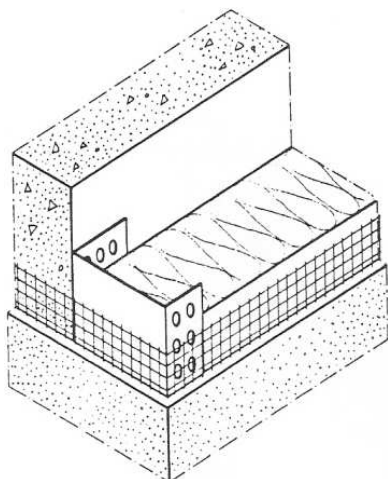


Fig.4.20 – Perfil de protecção das extremidades laterais [52]

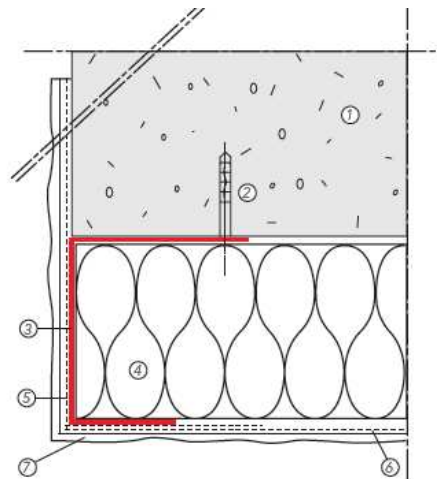


Fig.4.21 – Remate de esquina [53]

Legenda (Fig.4.21):

- | | | |
|--------------------------|------------------------|---------------|
| 1- Suporte | 4- Isolamento térmico | 7- Acabamento |
| 2- Fixação do perfil | 5- Armadura de reforço | |
| 3- Perfil de extremidade | 6- Revestimento | |

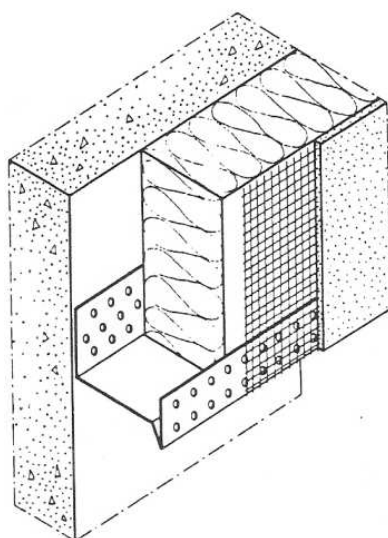


Fig.4.22 – Perfil de protecção das extremidades inferiores [52]

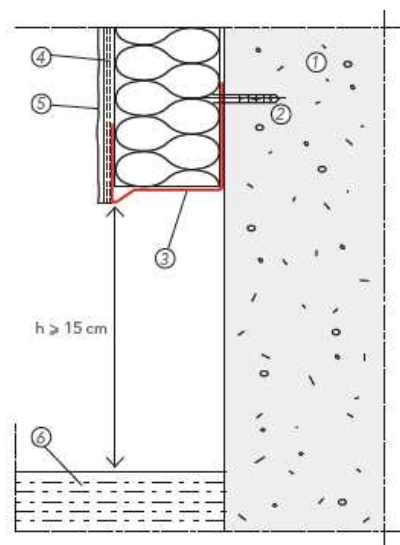
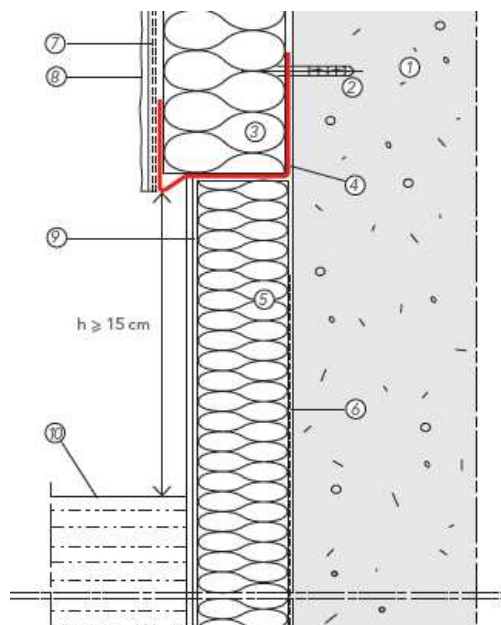


Fig.4.23 – Arranque do sistema [53]

Legenda (Fig.4.23):

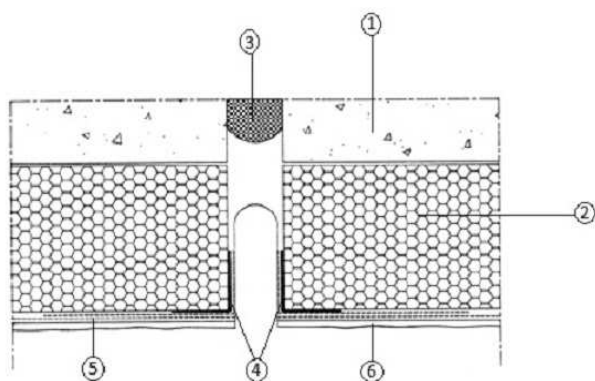
- | | | |
|----------------------------------|--------------------------|---------------|
| 1- Suporte | 3- Perfil de arranque | 5- Acabamento |
| 2- Fixação do perfil de arranque | 4- Reboco delgado armado | 6- Solo |



Legenda (Fig. 4.24):

- 1- Suporte
- 2- Fixação do perfil de arranque
- 3- Isolamento térmico
- 4- Perfil de arranque
- 5- Isolamento térmico (menor espessura)
- 6- Impermeabilização da parede
- 7- Reboco delgado armado
- 8- Acabamento decorativo
- 9- Acabamento protecção
- 10- Solo

Fig.4.24 – Arranque do sistema com isolamento até ao solo (enterrado) [53]



Legenda (Fig. 4.25)

- 1-Suporte
- 2-Isolamento térmico
- 3-Junta de dilatação
- 4- Perfil de junta de dilatação
- 5-Reboco delgado armado
- 6-Acabamento

Fig.4.25 – Pormenor de remate em junta de dilatação estrutural [39]

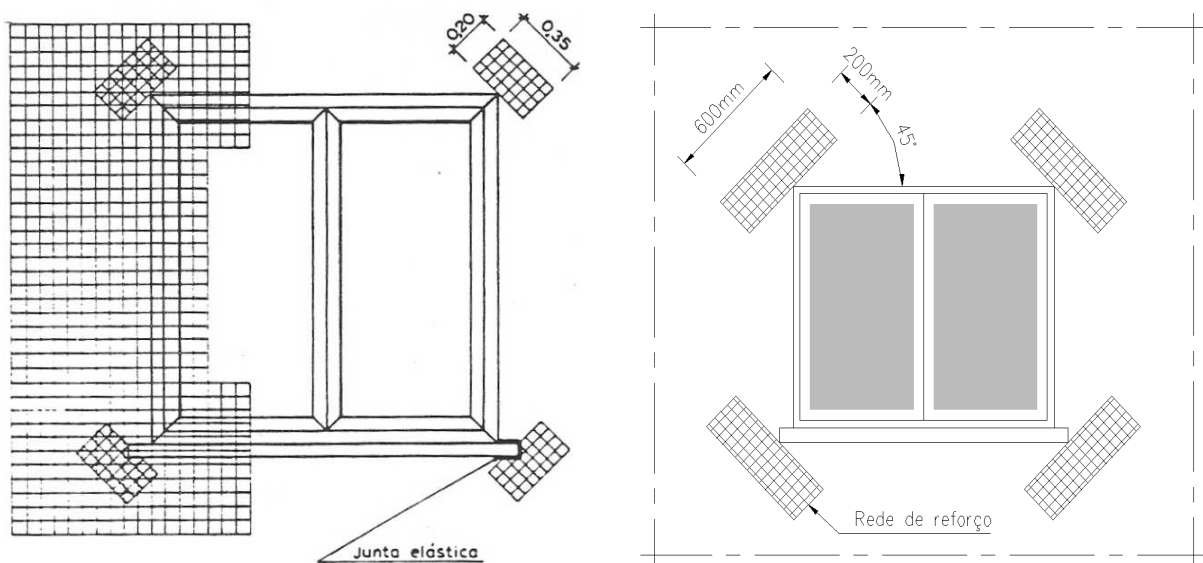
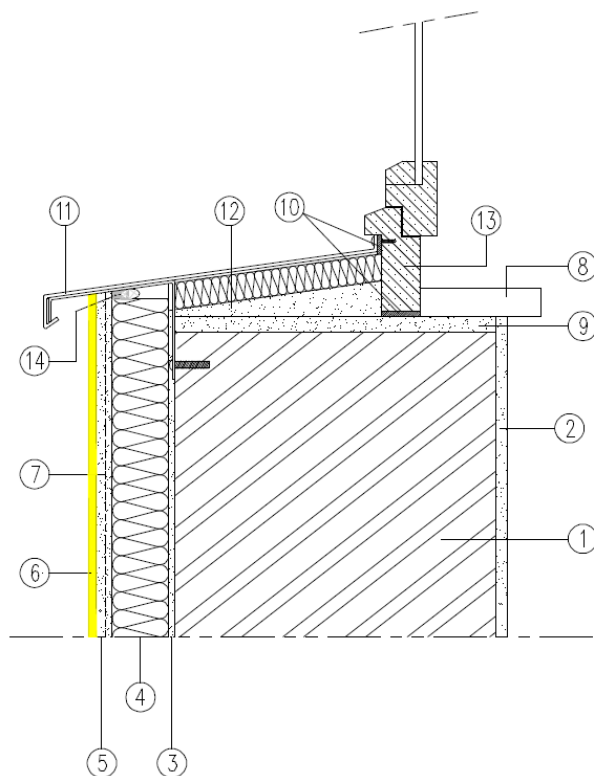


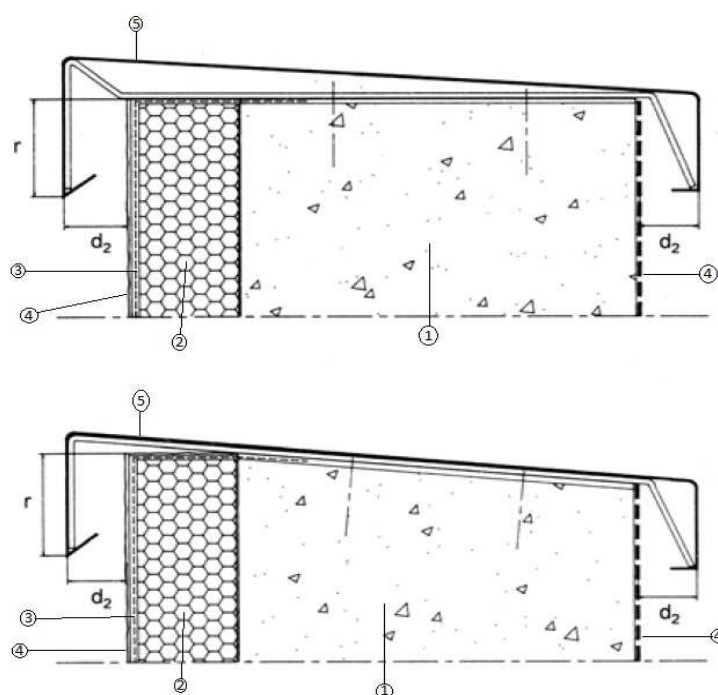
Fig.4.26 e 4.27 – Pormenores de reforço de armadura no enfiamento dos ângulos vãos de janelas [52] e [29]



Legenda (Fig.4.28):

- 1- Suporte
- 2- Reboco interior
- 3- Argamassa de colagem
- 4- Isolamento térmico
- 5- Reboco delgado armado
- 6- Acabamento
- 7- Armadura de reforço
- 8- Parapeito interior
- 9- Argamassa de regularização
- 10- Isolante de encosto de materiais
- 11- Elemento de recobrimento do parapeito exterior
- 12- Pendente
- 13- Caixilho
- 14- Junta de remate

Fig.4.28 – Remate de peitoris de janelas [25]



Legenda (Fig.4.29):

- | | | |
|----------------------|-------------------------|--|
| 1-Suporte | 3-Reboco delgado armado | 5-Elemento de recobrimento de platibanda |
| 2-Isolamento térmico | 4-Acabamento | |

Fig.4.29 – Remate do limite superior do sistema - platibanda [39]

4.3.4. EXECUÇÃO

4.3.4.1. Direcção técnica da obra

Para que exista a garantia de boa execução do sistema ETICS é necessário verificar, na fase de adjudicação, que a empresa responsável pela execução da obra possui meios de supervisão dos trabalhos, através da sua direcção técnica e formação adequada dos seus trabalhadores.

É igualmente importante que a empresa responsável pelo fornecimento dos componentes proporcione acompanhamento técnico qualificado na obra.

4.3.4.2. Fiscalização e Controlo de Qualidade

A inspecção durante o processo construtivo é também muito importante e não deve ser desprezada. Para que haja a garantia de uma correcta realização do trabalho de execução da aplicação do sistema, é muito importante que tanto o Dono de obra como o Projectista o fiscalizem. Procedimentos de controlo de qualidade dos materiais aplicados e/ou dos trabalhos realizados devem ser introduzidos no desenrolar da obra, quer pelo Dono de Obra quer pelo executante do trabalho.

4.3.4.3. Mão-de-obra

É importante para a realização de um bom trabalho e consequente melhoria da sua durabilidade que a execução seja realizada por pessoal especializado, sensível e consciente para as características e

exigências dos materiais, assim como para todo o processo construtivo do sistema. Quanto mais experiente e especializada for a mão-de-obra, melhores soluções construídas existirão.

A dimensão das equipas de aplicação deve ser ajustada à extensão das superfícies a revestir, de forma a evitar a percepção de emendas entre níveis de aplicação em panos de fachada de maior extensão.

4.3.4.4. Condições de aplicação

Durante a aplicação do sistema é necessário que as condições atmosféricas não sejam adversas, isto é, temperaturas muito baixas ou elevadas, elevada humidade e/ou vento por exemplo. A influência deste factor estende-se desde o período de preparação até à secagem dos materiais, pois mesmo nestas fases pode afectar as características e o comportamento dos mesmos.

Para evitar esta situação pode-se recorrer ao uso de toldos durante a aplicação de forma a proteger os trabalhos e materiais.

As técnicas a aplicar devem assegurar as condições de estabilidade, planimetria, resistência e limpeza de suporte.

A execução de boas práticas construtivas deve assentar no cumprimento de várias tarefas com elevado grau de precisão, dando particular atenção a determinados pormenores, donde se destaca as juntas de dilatação, o encontro com elementos rígidos das fachadas e o reforço do acabamento final nas zonas de fácil acesso.

4.3.5. AMBIENTE EXTERIOR

4.3.5.1. Pluviosidade

A influência deste factor analisa-se com base em duas variáveis: a intensidade com que incide água nas fachadas revestidas com sistema ETICS e a forma como se encontra preparado o sistema para esta ocorrência.

Um sistema com uma camada de revestimento adequada e com pormenores construtivos que o permeabilize de infiltrações de água, é um sistema com uma maior probabilidade de atingir uma vida útil mais elevada.

Para efeitos de quantificação de intensidade de água analisou-se a precipitação que se verifica em Portugal e conclui-se que se divide em 3 zonas [1]:

- Pouco pluvioso: $\leq 600\text{mm}$
- Moderadamente pluvioso: 600 a 1200 mm
- Muito pluvioso: $\geq 1200\text{mm}$

4.3.5.2. Temperatura ambiente

O sistema ETICS deve estar sujeito a variações de temperatura ambiente reduzidas. A máxima temperatura ambiente a que a solução deve estar sujeita aproxima-se dos 50°C. No extremo oposto, a temperatura não deve ir abaixo dos 20°C negativos. Variações bruscas de temperatura superiores a 30°C são prejudiciais ao sistema.

4.3.5.3. Absorção Solar vs Orientação da Fachada

Como já foi referido anteriormente, a exposição solar da fachada tem uma influência que pode ser muito negativa para o sistema caso se verifiquem algumas condições.

Essas condições estão relacionadas com a cor da superfície do sistema e com a protecção que o sistema tem à incidência dos raios solares.

Cores com coeficiente de absorção de radiação solar (α_s) superior a 0,7 não são aconselháveis para se aplicar na superfície de uma fachada revestida pelo sistema ETICS.

Num sistema devidamente protegido da exposição solar, quer seja por recurso a outros elementos (palas, protecções) ou pelo próprio posicionamento da fachada, a influência da radiação solar na durabilidade do sistema é menor.

Sistemas expostos a determinadas orientações têm uma maior dificuldade de alcançarem uma vida útil elevada.

A orientação da fachada influencia a durabilidade do sistema pelo facto de estar exposta a determinadas condições que a condicionam, nomeadamente a um excesso/escassez de exposição solar e/ou a uma maior/menor facilidade de secagem nos períodos posteriores a chuvas.

Em Portugal, fachadas orientadas a Norte têm muito menos exposição solar.

4.3.5.4. Nível de poluição

A colocação de ETICS em zonas de maior poluição é desaconselhada devido à necessidade de se recorrer a operações de manutenção com uma maior frequência. Esta situação terá como consequência maiores encargos para os proprietários do edifício.

Zonas próximas de auto-estradas, zonas industriais, centros urbanos com tráfego elevado são locais a evitar para a implantação do sistema ETICS.

4.3.5.5. Fixação de organismos

Para que este factor não tenha uma influência negativa na vida útil do sistema ETICS é importante que algumas condições se verifiquem. É importante que a camada superficial do sistema apresente uma baixa rugosidade pois esta situação ajuda à fixação de micro-organismos. A mesma camada superficial deve estar preparada com tratamento fungicida e algicida adequado para combater esta situação.

O facto de não existir vegetação nas proximidades da fachada ajuda a que plantas e sementes não se fixem nas concavidades que possam existir na fachada, ajudando desta forma a manter o aspecto visual da solução.

Em Portugal, fachadas orientadas a Norte têm muito menos exposição solar e estão sujeitas a uma maior acção do vento e chuva, facilitando o desenvolvimento de patologias, nomeadamente humidade e fixação de organismos.

4.3.6. Uso

4.3.6.1. Condições de susceptibilidade ao choque e tipo de uso

O tipo de utilização a que estará sujeito o edifício assim como o âmbito do seu uso são importantes na análise da influência dos factores de vida útil.

Se o uso for de âmbito privado, a degradação do sistema poderá não ser preocupante, uma vez que se verificam outros cuidados por parte dos proprietários, recorrendo apenas a operações de manutenção básicas para manter o aspecto visual do mesmo.

No entanto, caso o sistema esteja inserido num espaço público a situação complica-se uma vez que é recorrente a ocorrência de acidentes devido a falta de cuidado dos frequentadores e actos de vandalismo assim como também a utilização é mais intensiva.

Há zonas de uma fachada que são mais susceptíveis a serem danificadas que outras. As áreas inferiores de uma fachada são facilmente atingidas por choques e pela acção humana. A ocorrência de choques nestas zonas é muito mais provável do que noutras de acesso mais difícil e limitado (fig. 4.30 e fig. 4.31).



Fig.4.30 – Fachada danificada – Edifício G FEUP



Fig.4.31 – Fachada danificada (vista aproximada)

4.3.7. MANUTENÇÃO

4.3.7.1. Tipo e frequência de manutenção

É fundamental para um aumento de durabilidade do sistema ETICS a realização de operações de manutenção ajustadas à frequência e desgaste previsto do mesmo.

A estratégia de manutenção a adoptar durante a utilização do edifício, deve ser prevista na fase de projecto, estando dependente das pretensões e disponibilidade financeira dos utilizadores.

Operações regulares de prevenção são sempre mais vantajosas que uma manutenção reactiva ou correctiva de patologias. A ausência de operações de manutenção apenas levará à substituição do sistema no final do seu período de vida útil, sendo que será menor do que nas restantes situações.

4.3.7.2. Acessibilidade para a manutenção

Para que as operações de manutenção sejam eficazes é importante que se realizem inspecções preventivas ao sistema ETICS. Desta forma contribui-se para uma antecipação de possíveis patologias que se venham a desenvolver.

A facilidade com que se visualiza uma fachada revestida com sistema ETICS é um pormenor significativo pois ajuda a realização de inspecções e posteriormente facilita a realização de operações de manutenção.

5

MÉTODO FACTORIAL

5.1. INTRODUÇÃO

A norma ISO 15686-1 [2] propõe um método que permite uma estimativa da vida útil de um determinado produto da construção, sob determinadas condições ambientais.

O principal objectivo do Método Factorial é permitir a comparação de soluções específicas em fase de projecto. Como tal, não é essencial obter valores exactos e totalmente fiáveis da vida útil de cada produto da construção. Tal comparação é feita tendo em conta a influência de factores que reflectem condições particulares que se verificam em serviço sobre a vida útil de determinado elemento ou componente da construção.

Com base numa vida útil de referência, determinada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições específicas definidas, através da multiplicação da vida útil de referência por um conjunto de factores relacionados com diversos aspectos determinantes para a durabilidade.

O Método Factorial para a estimativa da vida útil de determinado produto da construção resume-se da seguinte maneira:

$$ESL = RSL \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$$

Legenda:

Factores modificadores da vida útil de referência:

- A – associado à qualidade do material ou componente;
- B – associado ao nível de qualidade do projecto;
- C – associado ao nível de qualidade da execução;
- D – associado às características do ambiente interior;
- E – associado às características do ambiente exterior;
- F – associado às características do uso;
- G – associado ao nível de manutenção.

ESL – Vida útil estimada (anos);

RSL – Vida útil de referência (anos);

É muito importante identificar os efeitos que cada um destes factores tem sobre a vida útil do sistema ETICS recorrendo, para isso, a informações dos fabricantes, a documentos técnicos (de laboratórios, normativos, especificações técnicas, guias, etc.) ou a bibliografia especializada.

Neste trabalho, a análise feita à aplicabilidade do Método Factorial no estudo da estimativa da vida útil do sistema ETICS, mais concretamente aos factores modificadores da vida útil de Referência, terá em conta uma tipologia de matriz utilizada em anteriores estudos de outras soluções construtivas.

Assim, de seguida será apresentada uma matriz que habitualmente é utilizada na aplicação da metodologia apresentada com base na norma ISO 15686 [2].

5.2. VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA

Vida útil de Referência é a “vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou de uma parte de um edifício”. [20]

O valor que se considera para a vida útil de referência depende de vários factores e normalmente é determinado com base em dados do fabricante, desempenho em aplicações anterior, ensaios e pesquisa bibliográfica.

Quando o produto é novo só é possível recorrer a dados do fabricante, e neste caso deve-se tentar conhecer as condições assumidas para a atribuição dos valores, assim como os métodos utilizados.

Em todo o caso é importante confirmar que não há duplicação na quantificação do efeito de determinados parâmetros, como por exemplo considerar o efeito da variabilidade do desempenho do material, para a quantificação da vida útil de referência e para a estimativa da vida útil. [20]

Os dados provenientes de experiências anteriores ou de observações de construções similares são importantes na medida em que o valor da vida útil de referência é tanto mais representativo quanto maior for a proximidade das condições ambientais com as especificações da situação a estimar. Quando se consegue ter valores para condições de serviço similares, os factores de cálculo são próximos da unidade, minimizando-se assim os erros introduzidos pelo método.

Os ensaios que podem contribuir para a determinação da vida útil de referência são ensaios de curta ou longa duração em laboratório nos quais se efectuam a medição de desempenho. [20]

Há vários documentos que mencionam valores distintos para a vida útil de referência dos ETICS. O CSTB [21] e a UEAtc [8] consideram este valor como 30 anos. Já o valor proposto pela ETAG 004 [3] é mais conservativo e menciona 25 anos para a vida útil de referência. Este último, será o valor aplicado neste estudo.

5.3. FACTORES MODIFICADORES

5.3.1. INTRODUÇÃO

É importante identificar os efeitos que cada uma das condições listadas por factor tem sobre a vida útil do sistema. Para esta análise ser ainda mais completa é também necessário recorrer a informações do fabricante, a documentos de laboratórios ou a bibliografia especializada (especificações técnicas, documentos pré-normativos ou de homologação, etc.).

Os valores que geralmente se adoptam rondam a unidade, uma vez que a influência dessa mesma avaliação significa 3 situações:

- i. Se por exemplo, a avaliação feita demonstra uma situação corrente então significa que não terá influência em relação às condições de referência. Logo, o valor a adoptar neste caso será de 1,0.
- ii. Outra situação será quando um determinado factor tem uma influência negativa sobre o elemento em estudo (depreciação) e neste caso, o factor poderá tomar o valor de 0,8.
- iii. No lado oposto a esta avaliação, está uma análise de valorização do critério, logo se essa influência for positiva poderá ser de 1,2.

Estes valores de depreciação (0,8) e de valorização (1,2) da condição de referência não serão iguais para todos os factores e subfactores. Consoante a influência de cada subfactor na avaliação da vida útil do sistema será atribuído o valor de 0,8 e de 1,2 nas situações de depreciação e de valorização respectivamente. No entanto, haverá casos em que a sua influência poderá ser inferior a estes valores propostos.

5.3.2. LISTAGEM DE FACTORES

O factor A avalia a qualidade dos componentes ou materiais e suas características, nas condições em que são fornecidos à obra, de acordo com as especificações do projectista.

Quadro 5.1 – Factores modificadores associados à qualidade dos componentes (A)

A.1 - Características do produto de colagem		Avaliação
Valorização	✓ Utilização de produtos de colagem homologados com elevada qualidade, pré-doseados, com garantia, elevada aderência, impermeabilidade à água, permeável ao vapor de água.	1.2
Situação referência	✓ Utilização de produtos de colagem homologados	1.0
Depreciação	✓ Utilização de produtos de colagem não homologados misturados in situ.	0.8

A.2 - Características do material de isolamento térmico (EPS)		Avaliação
Valorização	✓ Cumprir com as exigências do Quadro 3.5	1.2
	✓ Densidade entre 14 kg/m ³ e 25 kg/m ³	
	✓ Bordo lateral macho-fêmea	
	✓ Espessura adequada ao dimensionamento térmico	
	✓ Reacção ao fogo: de acordo com Portaria 1532/2008.	
Situação referência	✓ Cumprir com as exigências do Quadro 3.4	1.0
	✓ Densidade entre 14 kg/m ³ e 25 kg/m ³ .	
	✓ Espessura > 30 mm	
Depreciação	✓ Espessura <30 mm	0.8
	✓ Utilização de outros materiais de isolamento não homologados.	

A.3 - Características da camada base		Avaliação
Valorização	✓ Respeito pela espessura adequada (2 a 5 mm);	1.2
	✓ Utilização de percentagens de cimento reduzidas (25 a 30%).	
	✓ Revestimento de ligante misto (cimento, resina e areia).	
	✓ Tempo de espera: mínimo de 3 dias.	
	✓ Argamassas pré-doseadas industrialmente.	
Situação referência	✓ Respeito pela espessura adequada (2 a 5 mm).	1.0
	✓ Constituição adequada.	
	✓ Revestimento de ligante mineral (cimento, areia e adjuvantes vários).	
	✓ Argamassas doseadas em obra usando meios mecânicos.	
Depreciação	✓ Desrespeito pela espessura (< 2.5mm) e constituição da camada.	0.8
	✓ Elevadas percentagens de cimento na sua constituição.	
	✓ Dosagem não garantida correctamente.	

A.4 - Características da armadura (rede de fibra de vidro)		Avaliação
Valorização	✓ Protegida da humidade e do ataque alcalino.	1.2
	✓ Embebida na camada de base pelo menos 0,4 mm.	
	✓ Cuidados na execução das sobreposições e embebimentos.	
	✓ Resistência à tracção superior a 40 N/mm de largura de faixa.	
	✓ Camada base- ligante misto: Abertura 4x4mm. Camada base- ligante mineral: Abertura 10x10mm	
	✓ Aplicação nas zonas referenciadas (4.3.2.5).	
Situação referência	✓ Protegida da humidade e do ambiente alcalino.	1.0
	✓ Densidade e resistências correntes.	
	✓ Cuidados na execução das sobreposições e embebimentos.	
	✓ Abertura entre 3x3mm e 5x5mm.	

Depreciação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sem protecção à humidade e exposta a ambiente alcalino. ✓ Mau posicionamento da rede. ✓ Abertura não adequada ao revestimento usado 	0.8
--------------------	---	-----

A.5 - Características da camada de acabamento		Avaliação
Valorização	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espessura adequada (< 7mm). ✓ Coeficiente de absorção $\alpha_s < 0,7$ (cores claras). ✓ Cor sem grande contraste na mesma fachada. ✓ Recurso ao mesmo lote de produção do produto de acabamento (afinação das cores). ✓ Impermeável à água ✓ Permeável ao vapor de água. 	1.1
Situação referência	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espessura adequada (< 7mm) ✓ Coeficiente de absorção $\alpha_s < 0,7$ (cores claras) 	1.0
Depreciação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desrespeito pela espessura e pelo coeficiente de absorção. ✓ Aplicação numa mesma fachada de lotes de produção com datas diferentes. 	0.8

A.6 - Características dos acessórios do sistema		Avaliação
Situação referência	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilização de acessórios de acordo com as especificações do fabricante e dos documentos técnicos. 	1.0
Depreciação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Não utilização ou utilização inadequada dos acessórios. 	0.8

O factor B indica o nível de qualidade do projecto. Este factor está relacionado com a adequação da escolha da respectiva solução construtiva, das medidas de protecção previstas nas zonas de choque, a pormenorização do projecto para a sua execução, etc.

Na análise deste factor a avaliação considerou as tarefas a implementar para que a concepção do sistema ETICS seja a mais adequada.

Quadro 5.2 – Critérios de Qualidade do Projecto

Critérios de Qualidade do projecto		Tipo
1	Dimensionamento/cálculo da espessura do isolamento térmico de acordo com regulamentos	I
2	Solução projectada ajustada à zona climática e local de implantação da obra.	I
3	Previsão de utilização de acessórios	I
	Previsão de reforço de armadura nas zonas com elevado risco de choque e/ou fissuração:	
4	-até 1,5m de altura junto ao solo	I
5	-cantos das janelas	I
1	Compatibilização com juntas de dilatação.	II
2	Determinação de espaçamento entre juntas no revestimento (entre 4 a 6m).	II
3	Dimensionamento das espessuras das camadas base e acabamento.	II

4	Pormenores construtivos - desenhos de interrupções, arranque do sistema, remates (ombreiras, peitoris, padieiras, topos, juntas de dilatação e esquinas), fixação de tubos de queda.	II
5	Solução projectada ajustada ao nível de conforto pretendido.	II

No Quadro 5.2 estabeleceu-se a importância relativa de cada critério. Definiu-se que os critérios Tipo I terão maior influência na vida útil do sistema ETICS que os critérios Tipo II.

Partindo deste pressuposto, a atribuição dos valores permitiu construir o Quadro 5.3. A escala 0-5 representa o número de tarefas cumpridas de entre as enunciadas no Quadro 5.2. À conjugação das tarefas realizadas de Tipo I e de Tipo II é atribuída uma avaliação, cujo valor variará de forma positiva com a variação do número de tarefas cumpridas.

A importância relativa das tarefas de Tipo I é superior às de Tipo II. Isso mesmo reflecte-se na assimetria diagonal do Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Níveis de Qualidade do Projecto (Tipo I e Tipo II)

B - Níveis de qualidade de projecto							
		Tipo II					
		5	4	3	2	1	0
Tipo I	5	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
	4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
	3	1.1	1.1	1.1	1.0	0.8	0.8
	2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8
	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

O factor C está relacionado com a qualidade da execução. A avaliação deste factor deverá reflectir o grau de confiança na direcção técnica assim como na mão-de-obra. Tem em conta também a existência ou não de uma fiscalização rigorosa. As condições de aplicação do sistema são aqui analisadas.

Quadro 5.4 – Factores modificadores associados à qualidade de execução (C)

C.1 - Direcção técnica da obra			Avaliação
Valorização	✓	Existência de apoio técnico permanente acompanhando a obra.	1.1
Situação referência	✓	Existência de técnico qualificado, engenheiro ou arquitecto na direcção da obra.	1.0
Depreciação	✓	Inexistência de apoio técnico de acompanhamento na obra, de engenheiro/arquitecto qualificado na direcção de obra.	0.9

C.2 – Fiscalização/Controlo de Qualidade		Avaliação
Valorização	✓ Existência de Fiscalização independente. ✓ Existência de controlo de qualidade de execução.	1.1
Situação referência	✓ Existência de controlo de qualidade.	1.0
Depreciação	✓ Inexistência de Fiscalização.	0.8

C.3 - Mão de obra		Avaliação
Valorização	✓ Aplicadores com formação especializada, experiente e certificada. ✓ Adequada dimensão das equipas de aplicação à extensão das superfícies a revestir.	1.2
Situação referência	✓ Mão-de-obra experiente	1.0
Depreciação	✓ Aplicadores inexperientes e não-especializados.	0.8

Nestes subfactores propostos a influência prevista é menor do que nas restantes situações, daí resultando o recurso a valores diferentes para aplicação no método.

Na situação C.1, considera-se que o facto de existir Direcção Técnica qualificada permanente contribuiria para obter melhor qualidade de execução e consequente aumento de durabilidade do sistema, ainda que de forma moderada. A situação oposta seria penalizadora, não o sendo, no entanto, tão penalizadora como noutros subfactores.

No subfactor C.2, opta-se por se considerar que a valorização da estimativa de vida útil do sistema não seria assim tão significativa pelo facto de existir Fiscalização Independente, valorizando no entanto a sua existência.

Quadro 5.5 – Critérios de condições de aplicação/execução

Condições de aplicação/execução	
Condições atmosféricas:	
1	Temperatura de aplicação (°C): entre 5 e 30
2	Grau de exposição: não aplicar sob sol e ventos fortes ou chuva
Condições de cura:	
3	Assegurar humedificação por pulverização moderada
4	Assegurar protecção das fachadas a agentes externos
Técnicas de aplicação:	
5	Assegurar estabilidade, planimetria, resistência e limpeza do suporte
6	Colocação das placas de isolamento de baixo para cima, com as juntas desfasadas, ajustando os bordos
7	Deixar juntas abertas no encontro das placas com elementos rígidos das fachadas (caixilhos, varandas, muros, etc)
8	Esticar a armadura, alisando-a sobre a argamassa
9	Respeitar juntas de dilatação da fachada (utilizando soluções específicas)
Reforços:	
10	Até 2m de altura reforçar o sistema acrescentando uma nova camada de rede
11	Utilizar perfis de esquina
12	Perfil de arranque com largura ajustada à espessura da placa de isolamento

13	Zonas envolventes dos vãos reforçadas com armadura adicional (cantos das janelas com inclinação a 45°)
----	--

No Quadro 5.5 listaram-se treze condições de execução do ETICS que, se aplicadas, melhoram a qualidade de execução do sistema, contribuindo para um aumento da durabilidade.

De seguida, expõem-se as condições que quantificam os valores a atribuir no cumprimento dos critérios listados no Quadro 5.5.

C.4 - Condições de aplicação			Avaliação
Valorização	✓	Cumpridos todos os critérios.	1.2
Situação referência	✓	Cumpridos todos os critérios, excepto os critérios: 3, 8 e 10.	1.0
Depreciação	✓	Qualquer um dos critérios seguintes não é cumprido: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13.	0.8

O factor D e E representam as características dos ambientes: interior e exterior, respectivamente. Para a sua quantificação deverão ser tidos em conta os agentes de degradação. Nesta análise, foi considerada desprezável a influência do ambiente interior (factor D) na avaliação da vida útil do sistema ETICS por se tratar de um sistema de isolamento térmico pelo exterior.

Quadro 5.6 – Factores modificadores associados ao ambiente exterior (E)

E.1 - Pluviosidade	
baixa: ≤ 600mm	1,2
média: 600-1200mm	1,0
elevada: ≥ 1200mm	0,8

E.2 - Temperatura Ambiente			Avaliação
Valorização	✓	Sistema sujeito a variações de temperatura reduzidas.	1.2
Situação referência	✓	Temperatura máxima atingida 50 °C.	1.0
	✓	Sistema nunca sujeito a temperaturas inferiores a -20 °C.	
Depreciação	✓	Variações bruscas de temperatura superiores a 30 °C.	0.8
	✓	Sistema sujeito a temperaturas inferiores a -20°C.	

Na construção do sub-factor E.3 foi tida em conta a relação entre a absorção solar e a orientação da fachada. Quanto mais elevado for o coeficiente de absorção solar, mais afectada (negativamente) será a durabilidade do sistema. Para valores de α_s superiores a 0,7, considera-se como sendo muito prejudicial e, consequentemente, atribui-se a valorização mais baixa.

Sabe-se que quanto maior a exposição solar, mais determinante se torna evitar α_s elevados. Sendo assim, valorizamos as situações em que são utilizados materiais de acabamento com α_s baixo quando a exposição solar é maior.

E.3 - Absorção Solar vs Orientação da Fachada								
Absorção Solar	Orientação da Fachada							
Valor de α_s	Norte	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
0,2 - 0,3	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1
0,3 - 0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0
0,5 - 0,7	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
0,7 - 0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
0,9 - 1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Neste subfactor a abordagem foi diferente uma vez que havia a necessidade de correlacionar variáveis que estão associadas.

E.4 - Nível de Poluição		Avaliação
Valorização	✓ Edifícios fora de centros urbanos de média ou grande dimensão.	1.1
Situação referência	✓ Edifícios em grandes centros urbanos ou próximos de vias de circulação principais.	1.0
Depreciação	✓ Edifícios localizados em zonas industriais, perto de fontes poluentes ou de circulares urbanas com tráfego elevado.	0.9

E.5 - Fixação de organismos		Avaliação
Valorização	✓ Superfície lisa, sem vegetação circundante, com boa exposição ao sol e ao vento (Sul), com tratamento fungicida ou algicida adequado.	1.2
Situação referência	✓ Superfície lisa, sem vegetação circundante, com exposição moderada ao sol e ao vento, sem tratamento fungicida ou algicida.	1.0
Depreciação	✓ Superfície rugosa, próximo de vegetação, com fraca exposição solar (Norte), abrigada do vento, sem tratamento fungicida ou algicida.	0.8

O factor F exprime o efeito do uso que é proporcionado à solução e que tem efeitos na degradação do material ou componente. Aqui é, geralmente, importante a distinção entre utilização pública/acesso comum e utilização privada/acesso mais restrito.

Quadro 5.7 – Categorias correspondentes ao grau de exposição a danos

Descrição	Categorias
- Zona ao nível do chão; - vulnerável a impactos severos; - facilmente acessível	I
- Zona onde a altura limita a extensão do impacto - vulnerável a impactos de objectos arremessados; - acessível	II
- Zona de altura elevada; - pouco sujeita a danos devido a impactos normais; - não acessível	III

O uso cuidado é descrito como evitando práticas prejudiciais à preservação da aparência da fachada e tendo em atenção a possibilidade de ocorrência de impactos.

O uso agressivo corresponde a descuidos com impactos e até à prática de actos de vandalismo.

Na elaboração do quadro 5.7 foi considerado que quanto mais elevada for a categoria, maior será a valorização ao uso; ao acesso Privado corresponde uma valorização superior à do acesso Público; para a Categoria III, a valorização é independente do uso cuidado ou agressivo.

Quadro 5.8 – Factores modificadores associados ao efeito do uso (F)

F - Condições de susceptibilidade aos choques e tipo de uso				
Categoria	Público		Privado	
	Cuidado	Agressivo	Cuidado	Agressivo
I	0.9	0.8	1.0	0.9
II	1.0	0.9	1.1	1.0
III	1.1	1.1	1.2	1.2

Por último, o factor G refere-se à manutenção e deve reflectir a frequência e o tipo de manutenção apropriada.

Quadro 5.9 – Factores modificadores associados à manutenção (G)

G.1 - Tipo e Frequência de Manutenção		Avaliação
Valorização	✓ Operações regulares de manutenção preventiva, reparações e limpeza geral em cada 5 anos.	1.2
Situação referência	✓ Manutenção correctiva ou reactiva, com reparações em cada 10 anos.	1.0
Depreciação	✓ Ausência de manutenção, com substituição total ou parcial dos ETICS após o final do seu período de vida útil.	0.8

G.2 - Acessibilidade para inspecção e manutenção		Avaliação
Valorização	✓ Edifícios até 4 pisos, facilmente inspecionáveis a partir do exterior.	1.1
	✓ Edifícios de 5 ou mais pisos com acessibilidades próprias para as operações de manutenção e inspecções em locais de difícil acesso.	
Situação referência	✓ Fachadas de edifícios facilmente inspecionáveis a partir do exterior.	1.0
Depreciação	✓ Edifícios de 5 ou mais pisos, com uma configuração ou implantação que dificulte uma simples inspecção visual.	0.8

5.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL

5.4.1. MATRIZ DE CARACTERIZAÇÃO DA VIDA ÚTIL

Uma das falhas deste tipo de matriz é a ponderação de igual valor que se dá a subfactores de avaliação. Assim, analisando cada factor e subfactor proposto e com base na observação e experiência de elementos ligados à aplicação do Sistema ETICS atribuíram-se pesos diferentes a cada subfactor associado ao respectivo factor. De acordo com a sua importância e influência na Vida Útil do sistema a percentagem definida é maior ou menor comparativamente aos restantes subfactores.

Nos quadros seguintes são enunciados os factores modificadores e as respectivas ponderações atribuídas.

Quadro 5.10 – Factores modificadores associados à qualidade dos componentes – pesos (A)

	Pesos
A.1 - Características do produto de colagem	12%
A.2 - Características do material de isolamento térmico (EPS)	24%
A.3 - Características da camada base	20%
A.4 - Características da armadura (rede de fibra de vidro)	12%
A.5 - Características da camada de acabamento	20%
A.6 - Características dos acessórios do sistema	12%

Relativamente ao Factor B, a construção do quadro 5.3 incorpora não apenas os critérios de avaliação, mas também as diferentes contribuições ponderadas de cada sub-factor.

Quadro 5.11 – Factores modificadores associados à qualidade de execução - pesos (C)

	Pesos
C.1 - Direcção técnica da obra	10%
C.2 - Fiscalização/Controlo de Qualidade	10%
C.3 - Mão de obra	40%
C.4 - Condições de aplicação/execução	40%

Quadro 5.12 – Factores modificadores associados ao ambiente exterior – pesos (E)

	Pesos
E.1 - Água	25%
E.2 - Temperatura Ambiente	15%
E.3 - Absorção Solar vs Orientação da fachada	25%
E.4 - Nível de Poluição	15%
E.5 - Fixação de organismos	20%

Relativamente ao Factor F, a construção do quadro 5.6 incorpora diferentes contribuições, correspondentes a diferentes tipos de uso, acesso e zona.

Quadro 5.13 – Factores modificadores associados à manutenção – pesos (G)

	Pesos
G.1 - Tipo e Frequência de Manutenção	70%
G.2 - Acessibilidade para manutenção	30%

5.4.2. QUANTIFICAÇÃO DA VIDA ÚTIL

Para estimar a Vida Útil do sistema ETICS – ESL – aplica-se a equação seguinte baseando os valores na matriz definida em 5.3.2 e acrescentando as respectivas ponderações atribuídas a cada subfactor.

$$ESL = RSL \times \left(\sum_{i=1} A_i \times k_i \right) \times (B) \times \left(\sum_{i=1} C_i \times k_i \right) \times \left(\sum_{i=1} D_i \times k_i \right) \times \left(\sum_{i=1} E_i \times k_i \right) \times (F) \times \left(\sum_{i=1} G_i \times k_i \right)$$

Legenda:

ESL – Vida útil estimada (anos);

RSL – Vida útil de referência (anos);

A, B, C, D, E, F e G – Factores modificadores da vida útil de referência

k – Peso atribuído a cada subfactor (%).

Através das diferentes avaliações propostas nos factores descritos e quantificados em (5.4.1.) é possível, calcular vários cenários. No entanto, de forma a balizar as situações extremas calcularemos os extremos considerados.

No cenário onde todos os factores modificadores apresentam o valor mais baixo, 0,8 ou 0,9 consoante os casos, a vida útil estimada do sistema ETICS pode atingir, com estes critérios, a idade de:

$$ESL_{\min} = 25 \times (0.80) \times (0.80) \times (0.81) \times (0.82) \times (0.80) \times (0.80) = 6,8 \text{ anos}$$

Quadro 5.14 – Cálculo ESL_{min}

	Sub-Factores	Depreciação	Pesos	Mínimo
Factor A	A.1	0.8	12%	0.10
	A.2	0.8	24%	0.19
	A.3	0.8	20%	0.16
	A.4	0.8	12%	0.10
	A.5	0.8	20%	0.16
	A.6	0.8	12%	0.10
				0.80
Factor B	B	0.8	100%	0.80
				0.80
Factor C	C.1	0.9	10%	0.09
	C.2	0.8	10%	0.08
	C.3	0.8	40%	0.32
	C.4	0.8	40%	0.32
				0.81
Factor E	E.1	0.8	25%	0.20
	E.2	0.8	15%	0.12
	E.3	0.8	25%	0.20
	E.4	0.9	15%	0.14
	E.5	0.8	20%	0.16
				0.82
Factor F	F	0.8	100%	0.80
				0.80
Factor G	G.1	0.8	70%	0.56
	G.2	0.8	30%	0.24
				0.80
			RSL	25
			ESL_{min}	6.76

Na perspectiva oposta, ou seja, onde todos os factores modificadores assumem o valor máximo de 1,2 ou 1,1, a vida útil estimada do sistema ETICS pode atingir, com estes critérios, a idade de:

$$ESL_{max} = 25 \times (1.16) \times (1.20) \times (1.18) \times (1.19) \times (1.20) \times (1.17) = 68.1 \text{ anos}$$

Quadro 5.15 – Cálculo ESL_{max}

	Sub-Factores	Valorização	Pesos	Máximo
Factor A	A.1	1.2	12%	0.14
	A.2	1.2	24%	0.29
	A.3	1.2	20%	0.24
	A.4	1.2	12%	0.14
	A.5	1.1	20%	0.22
	A.6	1	12%	0.12
				1.16
Factor B	B	1.2	100%	1.20
				1.20
Factor C	C.1	1.1	10%	0.11
	C.2	1.1	10%	0.11
	C.3	1.2	40%	0.48
	C.4	1.2	40%	0.48
				1.18
Factor E	E.1	1.2	25%	0.30
	E.2	1.2	15%	0.18
	E.3	1.2	25%	0.30
	E.4	1.1	15%	0.17
	E.5	1.2	20%	0.24
				1.19
Factor F	F	1.2	100%	1.20
				1.20
Factor G	G.1	1.2	70%	0.84
	G.2	1.1	30%	0.33
				1.17
			RSL	25
			ESL_{max}	68.1

Com a atribuição de pesos aos diferentes subfactores pretendeu-se ajustar a importância dos mesmos. Analisando as duas últimas situações calculadas, verifica-se que o Factor E (Ambiente Exterior) é o que maior influência tem na estimativa da vida útil. No entanto, dos restantes factores que dependem da acção directa do homem (escolha dos materiais, projecto, execução, uso e manutenção), o factor B é o que mais influencia a estimativa da vida útil do sistema ETICS.

A estimativa da Vida Útil mais curta é influenciada de forma equitativa por todos os factores, com uma ligeira excepção para o Factor E – Ambiente Exterior.

5.5. ANÁLISE CRÍTICA

Apesar de existirem cada vez mais directivas comunitárias, normas homologadas, guias e especificações técnicas, o estudo de durabilidade do sistema ETICS continua a ser dificultado pela complexidade que o próprio sistema encorpora.

A determinação dos factores e dos subfactores é ainda muito baseada em informação retirada da experiência empírica de profissionais, assim como da observação de casos em estudos anteriores. Esta forma de operar traz alguma subjectividade à avaliação feita de cada subfactor, assim como do respectivo valor a adoptar.

A esta subjectividade acrescenta-se o facto de não existir uma base de dados que confirme a veracidade do que se avalia. Apenas com uma base de dados fidedigna e com um número de casos considerável se poderá atingir um ponto de avaliação que valide estas previsões de vida útil. Como se sabe, em Portugal esta situação não se encontra sistematizada e normalizada o suficiente para permitir o seu recurso.

No estudo da aplicabilidade do método factorial à avaliação da durabilidade do sistema ETICS, a maior dificuldade registada foi a avaliação da relação entre os diferentes componentes do sistema. Para uma melhor apreciação do caso em estudo seria importante conhecer a influência de uma boa ou má interacção dos diferentes componentes do sistema na sua vida útil. Neste método é muito difícil conseguir introduzir esta variável ficando, assim, um pouco comprometida a sua real fiabilidade. Existe a noção de que uma incompatibilidade de produtos tem uma grande e negativa influência na vida útil do sistema. No entanto, devido a esta metodologia é difícil quantificar essa influência, pois não existem muitos estudos que demonstrem a relação dos diferentes componentes.

Apesar das limitações referidas anteriormente, através da aplicação do método factorial referido na norma ISO 15686 [2], com alguma facilidade e rapidez conseguem-se obter valores indicativos que permitem uma avaliação comparativa de soluções, em termos de durabilidade. A avaliação comparativa pode ser feita ao nível de materiais com diferentes características, de diversas situações de influência exterior, de usos distintos do edifício, conforme a necessidade de avaliação que o projectista se depara.

A ponderação aqui proposta foi uma tentativa de aproximação à influência real de cada subfactor na vida útil do sistema ETICS. Assim, mantendo na mesma a filosofia determinística do método factorial conseguiu-se ajustar a previsão pretendida com a realidade que se espera.

A introdução de ponderadores no cálculo de cada factor tornou possível ultrapassar a limitação encontrada até aqui, causada pela não distinção de influência de subfactores.

6

CASO DE ESTUDO

6.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma análise teórica e académica, onde se aplica o que foi apresentado e discutido nos capítulos anteriores sobre o sistema ETICS.

Procurou-se averiguar a praticabilidade do que se estudou e assim demonstrar que este método é um excelente apoio ao estudo da durabilidade deste elemento construtivo.

O exemplo aqui estudado é uma reabilitação de fachada de um edifício antigo e como tal não foi possível recolher plantas nem memórias descritivas da fachada original, de forma a conseguir informações sobre o suporte por exemplo. Apenas foi possível recolher informações por parte da empresa aplicadora do sistema.



Fig.6.1 – Edifício caso de estudo

6.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Localização: R. Diogo Couto, Mafamude – Vila Nova de Gaia

Ano construção: Década de 70

Ano de reabilitação: 2010

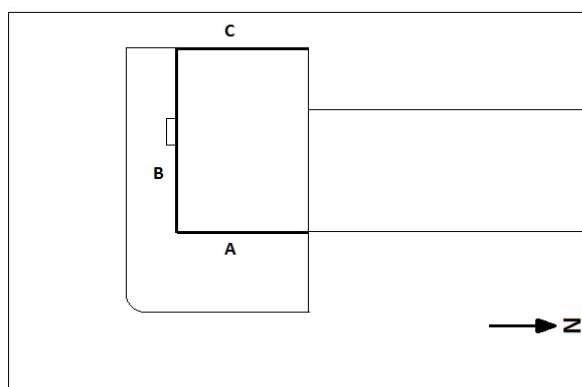


Fig.6.2 – Edifício caso de estudo antes da reabilitação

Caracterização funcional: Edifício de habitação multifamiliar

Nº de pisos: R/C + 2 pisos

Configuração do edifício: Rectangular



Implantação: Extremo de um edifício em banda



Fig.6.3 – Vista aérea do edifício caso de estudo [54]

Revestimento da fachada: ETICS cor cinza claro

6.3. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

O edifício situa-se numa zona habitacional com as fachadas viradas a Nascente, Sul e Poente. A tipologia dos prédios circundantes é na sua maioria idêntica à do edifício em estudo. Tem um pequeno jardim relvado a cerca de 30 metros. Apesar de estar inserido numa zona habitacional não se encontra muito exposto a actos de vandalismo pois é circundado por um pequeno pátio vedado pertencente aos moradores. O sistema está maioritariamente exposto a agentes atmosféricos e a alguma poluição pois apesar de ser uma zona habitacional tem bastante movimento de carros, sendo local de passagem para uma das zonas mais movimentadas de Vila Nova de Gaia, rotunda de Santo Ovídio.

6.4. APLICAÇÃO DA MATRIZ

6.4.1. QUALIDADE DOS COMPONENTES

A.1 - Características do produto de colagem	Avaliação
	1.2

O produto de colagem utilizado é um produto homologado, pré-doseado e com as características referidas como de qualidade superior à de referência.

A.2 - Características do material de isolamento térmico (EPS)	Avaliação
	1.0

Utilizaram-se placas de EPS 100 de 40mm de espessura. Densidade 20kg/m^3 . Euroclasse E de reacção ao fogo.

A.3 - Características da camada base	Avaliação
	1.2

Na camada base aplicou-se um produto homologado composto por cimento, resinas e fibras sintéticas. Este produto é de uma marca reconhecida no mercado com argamassas pré-doseadas industrialmente. Segundo o aplicador, cumpriram-se os tempos de espera de secagem na aplicação do produto, com uma espessura de 3mm.

A.4 - Características da armadura (rede de fibra de vidro)	Avaliação
	1.2

Rede constituída por fios de fibra de vidro protegida da humidade e de ataques dos alcalis, pois possui tratamento antialcalino. 4x5mm. Resistência à tracção de 44N/mm.

A.5 - Características da camada de acabamento	Avaliação
	1.1

Acabamento cinza claro ($\alpha_s=0,6$) com uma espessura de 3mm. Foi aplicada uma só cor nos diferentes panos de fachada, sendo o produto do mesmo lote de produção industrial.

A.6 - Características dos acessórios do sistema	Avaliação
	1.0

Utilizaram-se acessórios nomeadamente perfis de esquina e de arranque de acordo com as especificações do fabricante.

6.4.2. QUALIDADE DE PROJECTO

B – Nivel de qualidade de projecto	Avaliação
	1.1

Tipo I:

Segundo o projectista, foram efectuados os cálculos de dimensionamento de espessura de isolamento térmico de acordo com o RCCTE. A solução projectada encontra-se ajustada à zona climática e ao local de implantação da obra. Foram previstos acessórios a aplicar no sistema. Só foi previsto reforço de armadura nos cantos das janelas, não se procedendo a nenhum tipo de reforço de rede nas zonas inferiores da fachada, apenas perfil de arranque.

Tipo II:

Foi previsto dimensionamento da espessura das camadas base e acabamento. A solução projectada encontra-se ajustada ao nível de conforto pretendido. Alguns pormenores construtivos encontram-se adequados (fixação de tubos de queda e topos), embora peitoris das janelas não tenham pingadeiras de escoamento de águas pluviais.

Nível de qualidade de projecto – Tipo I: 4

Tipo II: 2

6.4.3. QUALIDADE DE EXECUÇÃO

C.1 - Direcção técnica da obra	Avaliação
	1.1

A execução desta obra teve constante acompanhamento técnico por parte do fornecedor dos produtos aplicados assim como do Engenheiro técnico da empresa aplicadora.

C.2 – Fiscalização/Controlo de Qualidade	Avaliação
	0.8

Não houve controlo de qualidade nem fiscalização independente.

C.3 - Mão de obra	Avaliação
	1.2

A empresa aplicadora do sistema possui aplicadores com formação especializada e certificada.

C.4 - Condições de aplicação	Avaliação
	0.8

O sistema foi aplicado com recurso a andaimes e utilizaram-se lonas de protecção do sol e vento.

A temperatura ambiente exterior rondou os 25°C.

Segundo o aplicador, foram asseguradas as condições de cura dos materiais aplicados.

Foi efectuada uma limpeza do suporte, assim como decapagem de pintura da fachada anterior.

Na aplicação da armadura de reforço, esta foi devidamente esticada juntamente com a argamassa aplicada.

Foram aplicados perfis de esquina e de arranque do sistema.

A aplicação da rede nos cantos dos vãos das janelas procedeu-se como indicado.

Número critérios cumpridos: 9

6.4.4. AMBIENTE EXTERIOR

E.1 – Pluviosidade	Avaliação
	1.0

O edifício situa-se numa região de precipitação média entre os 600 e 1200 mm anuais.

E.2 - Temperatura Ambiente	Avaliação
	1.2

No local de implantação do sistema não se verificam grandes variações de temperatura exterior.

E.3 - Absorção Solar vs. Orientação da Fachada	Avaliação
--	-----------

Cor cinza claro: $\alpha_s = 0,6$

Orientação:

Fachada A – Este	0,9
Fachada B – Sul	0,8
Fachada C – Oeste	0,8

E.4 - Nível de Poluição	Avaliação
	1.0

Edifício localizado num centro urbano com intensidade de tráfego automóvel.

E.5 - Fixação de organismos	Avaliação
	1.0

As fachadas reabilitadas deste edifício têm boa exposição ao sol e ao vento.

Verifica-se proximidade do jardim com vegetação rasteira e árvores e não foi aplicado nenhum tratamento fungicida ou algicida.

6.4.5. Uso

F – Condições de susceptibilidade ao choque e tipo de uso	Avaliação
---	-----------

Acesso: Privado

Uso: Cuidado

Fachada A e Fachada B: Categoria I 1.0

Fachada C: Categoria II 1.1

6.4.6. MANUTENÇÃO

G.1 - Tipo e Frequência de Manutenção	Avaliação
	1.0

Não foi elaborado nenhum plano de manutenção e prevenção de patologias da fachada. Prevê-se assim o recurso a uma manutenção correctiva e reactiva.

G.2 - Acessibilidade para manutenção	Avaliação
	1.1

Edifício de 3 pisos facilmente inspeccionável a partir do exterior.

6.5. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL

Quadro 6.1 – Matriz de estimativa de Vida Útil do edifício em estudo

	Sub-Factores	Avaliação			Pesos	Cálculo		
		Fachada				Fachada		
		A	B	C		A	B	C
Factor A	A.1		1.2		12%		0.14	
	A.2		1.0		24%		0.24	
	A.3		1.2		20%		0.24	
	A.4		1.2		12%		0.14	
	A.5		1.1		20%		0.22	
	A.6		1.0		12%		0.12	
Factor A						1.11		
Factor B	B		1.1		100%		1.10	
Factor B						1.10		
Factor C	C.1		1.1		10%		0.11	
	C.2		0.8		10%		0.08	
	C.3		1.2		40%		0.48	
	C.4		0.8		40%		0.32	
Factor C						0.99		
Factor E	E.1		1.0		25%		0.25	
	E.2		1.2		15%		0.18	
	E.3	0.9	0.8	0.8	25%	0.23	0.20	0.20
	E.4		1.0		15%		0.15	
	E.5		1.0		20%		0.20	
Factor E					1.01	0.98	0.98	
Factor F	F	1.0	1.0	1.1	100%	1.00	1.00	1.10
Factor F					1.00	1.00	1.10	
Factor G	G.1		1.0		70%		0.70	
	G.2		1.1		30%		0.33	
Factor G						1.03		
RSL		25 anos			ESL	31.2	30.4	33.5

A aplicação do método factorial proposto está traduzida na matriz acima representada.

Cada fachada mereceu uma análise independente; para cada uma delas existe uma previsão de vida útil distinta. A orientação solar e a susceptibilidade ao choque são os factores que as distinguem.

A qualidade dos materiais é o factor com maior contributo no aumento do valor da estimativa realizada. Por outro lado, o ambiente exterior é o factor que mais prejudica a vida útil estimada das fachadas B e C. No caso da fachada A, a qualidade de execução é a variável que menos contribui para o aumento da vida útil estimada.

6.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

6.6.1. MUDANÇA DE LOCALIZAÇÃO

Para esta análise consideramos uma mudança do local de implantação do edifício para o distrito de Braga, concelho de Amares.

Quadro 6.2 – Matriz de estimativa de Vida Útil do edifício, com alteração da localização

	Sub-Factores	Avaliação			Pesos	Cálculo		
		Fachada				Fachada		
		A	B	C		A	B	C
Factor A	A.1		1.2		12%		0.14	
	A.2		1.0		24%		0.24	
	A.3		1.2		20%		0.24	
	A.4		1.2		12%		0.14	
	A.5		1.1		20%		0.22	
	A.6		1.0		12%		0.12	
Factor A						1.11		
Factor B	B		1.1		100%		1.10	
Factor B						1.10		
Factor C	C.1		1.1		10%		0.11	
	C.2		0.8		10%		0.08	
	C.3		1.2		40%		0.48	
	C.4		0.8		40%		0.32	
Factor C						0.99		
Factor E	E.1		0.8		25%		0.20	
	E.2		1.2		15%		0.18	
	E.3	0.9	0.8	0.8	25%	0.23	0.20	0.20
	E.4		1.1		15%		0.17	
	E.5		1.0		20%		0.20	
Factor E					0.97	0.95	0.95	
Factor F	F	1.0	1.0	1.1	100%	1.00	1.00	1.10
Factor F					1.00	1.00	1.10	
Factor G	G.1		1.0		70%		0.70	
	G.2		1.1		30%		0.33	
Factor G						1.03		
RSL		25	anos		ESL	30.1	29.4	32.3

A alteração para o distrito de Braga, concelho de Amares, tem implicações, para o caso em estudo, ao nível da temperatura, pluviosidade e poluição.

Trata-se de um centro rural, com baixos índices de poluição; a pluviosidade é igual ou superior a 1200mm [1]; a temperatura média é de 20,5°C [56].

Estes dados têm implicações sobre os seguintes subfactores: (i) E.1. Pluviosidade (ii) E.4 Nível de poluição. Os contributos de cada um destes subfactores têm sentidos opostos. O aumento da pluviosidade contribui negativamente, enquanto que a diminuição do nível de poluição contribui positivamente.

Registou-se uma ligeira diminuição na previsão da vida útil de todas as fachadas, de forma proporcional.

6.6.2.MUDANÇA DO TIPO DE USO

Para esta análise consideramos uma mudança do tipo de uso do edifício. Considera-se o edifício como servindo um estabelecimento de ensino.

Quadro 6.3 – Matriz de estimativa de Vida Útil do edifício, com alteração do tipo de uso

	Sub-Factores	Avaliação			Pesos	Cálculo		
		Fachada				Fachada		
		A	B	C		A	B	C
Factor A	A.1		1.2		12%		0.14	
	A.2		1.0		24%		0.24	
	A.3		1.2		20%		0.24	
	A.4		1.2		12%		0.14	
	A.5		1.1		20%		0.22	
	A.6		1.0		12%		0.12	
Factor A						1.11		
Factor B	B		1.1		100%		1.10	
	Factor B						1.10	
Factor C	C.1		1.1		10%		0.11	
	C.2		0.8		10%		0.08	
	C.3		1.2		40%		0.48	
	C.4		0.8		40%		0.32	
Factor C						0.99		
Factor E	E.1		1.0		25%		0.25	
	E.2		1.2		15%		0.18	
	E.3	0.9	0.8	0.8	25%	0.23	0.20	0.20
	E.4		1.0		15%		0.15	
	E.5		1.0		20%		0.20	
Factor E					1.01	0.98	0.98	
Factor F	F	0.8	0.8	0.9	100%	0.80	0.80	0.90
	Factor F					0.80	0.80	0.90
Factor G	G.1		1.0		70%		0.70	
	G.2		1.1		30%		0.33	
Factor G						1.03		
RSL		25	anos		ESL	25.0	24.4	27.4

A alteração do tipo de uso tem implicações nas condições de susceptibilidade ao choque.

O acesso ao estabelecimento de ensino é público. Registrando-se uma elevada circulação de pessoas, passamos a considerar uma utilização agressiva.

Neste sentido, aplicando o critério de susceptibilidade ao choque e tipo de uso (F), verifica-se uma degradação da previsão de vida útil de todas as fachadas.

7

CONCLUSÕES

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação tenta viabilizar uma utilização mais racional do sistema ETICS, concretizando-se numa ferramenta útil na definição de planos de manutenção, contribuindo para um aumento do desempenho deste elemento e, conseqüentemente, da sua vida útil.

Os métodos de previsão da vida útil dos produtos da construção devem contribuir para a avaliação, caso determinado produto desempenhe satisfatoriamente as suas funções durante um período de tempo e até ser necessário intervir para o substituir ou reparar.

Através de uma Matriz de Durabilidade, os factores modificadores são descritos com o objectivo de se tentar sintetizar as diferentes situações a que o sistema ETICS possa estar sujeito em Portugal. Assim contribuiu-se para uma mais fácil utilização por parte dos técnicos projectistas. Também por este motivo, a Matriz de Durabilidade pode não abranger todas as situações a que a solução construtiva possa estar sujeita.

Na aplicação da metodologia, para além da dificuldade de materializar os aspectos que afectam a durabilidade do sistema ETICS, também se encontrou dificuldade em obter um valor da vida útil de referência que fosse reconhecido transversalmente por engenheiros, fabricantes e aplicadores.

Neste estudo concluiu-se que a previsão de vida útil não pode ser encarada como um valor exacto e inflexível, mas antes como um auxílio precioso a uma análise da solução a escolher.

Partindo deste pressuposto, estabeleceram-se ponderações para cada um dos subfactores da matriz de forma a conseguir acompanhar a influência de cada subfactor na contribuição para a vida útil do sistema.

A acrescentar às múltiplas combinações do sistema que dificultam uma previsão ainda mais rigorosa e ainda mais próxima do que verdadeiramente poderá ocorrer ao longo da vida útil do sistema, existe a dificuldade de se conseguir antecipar a influência do ambiente exterior no sistema, que é o único factor que não depende da acção humana.

Analisando os resultados obtidos, do cálculo da Vida Útil Estimada do sistema obtiveram-se resultados bem amplos, o que releva a importância do planeamento, concepção e execução do sistema:

Na perspectiva optimista da análise, utilizando os respectivos valores de valorização, conclui-se que o sistema ETICS poderá atingir, com estes critérios, a idade de 68anos.

Na perspectiva oposta, utilizando os respectivos valores de critérios de depreciação da situação de referência, conclui-se que o sistema ETICS poderá atingir a idade de 6 anos.

Não sendo um método exacto, o Método Factorial é um método determinístico de auxílio à decisão por uma solução construtiva. Nesta perspectiva, pode-se concluir que a aplicação do Método Factorial a esta solução é exequível, isto é, com relativa facilidade consegue-se encontrar formas de avaliar a possibilidade de se atingir ou não a Vida Útil que se pretende para o projecto em análise.

Este método aplicado ao sistema ETICS permite analisar a sensibilidade às variáveis que o compõem. Possibilita a comparação entre diferentes soluções, tipos de uso, localizações, orientações, etc, permitindo, assim, aferir da importância relativa de cada factor em cada situação, medindo o impacto na vida útil estimada, provocado por uma oscilação na variável em análise.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Matos, Maria. *Durabilidade como Critério de Projecto: O Método Factorial no contexto Português*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.
- [2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Buildings and constructed assets – Service Life Planning — Part 1: General principles. *ISO 15686-1:2001*. First edition, B.S.I., United Kingdom, September 2000.1].
- [3] ETAG004 – Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, European Organisation for Technical Approvals, Brussels, 2000.
- [4] Comissão das Comunidades Europeias (CEE) – Directiva Europeia 89/106/CEE -Directiva dos Produtos da Construção (DPC). Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 40 de 11/02/89, alterada pela Directiva 93/68/CE, publicada Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 220 de 30/08/93. Bruxelas, 1993.
- [5] Regulamento de Segurança contra Incêndio. *Decreto-Lei n.º 64/90 de 21 de Fevereiro, Decreto-Lei n.º 61/90 de 15 de Fevereiro*. Resolução do Conselho de Ministros n.º 31/89, Porto Editora, 1991.
- [6] Lucas, José A. Carvalho. *Exigências Funcionais de Revestimentos de Paredes*. LNEC, Lisboa, 1996.
- [7] European Organization for Technical Approvals (EOTA). Guideline for european technical approval of Exterior Thermal Insulation Composite Systems with rendering, ETAG 004, EOTA, Brussels, 2000;
- [8] LNEC – Laboratório de Engenharia Civil, *Directivas UEAtc para a homologação de sistemas de isolamento térmico exterior de fachadas por revestimento delgado sobre isolante*, LNEC, Lisboa, 1980.
- [9] RSA – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. Decreto-lei n.º 235/83, de 31 de Maio. Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa, 1984.
- [10] APICER – Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, *Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos*. APICER, Coimbra, 2003
- [11] Decreto-Lei n.º 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Diário da República (D.R.) I Série A. Lisboa: 4 de Abril.
- [12] Freitas, Vasco. *Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior. Reboco Delgado Armado Sobre Poliestireno Expandido - ETICS*. Dezembro de 2002.
- [13] Silva, J. Mendes Torres, Maria Isabel M., Carvalhal, Mário J. Teles – *Envelhecimento natural e patologia de revestimentos delgados armados sobre isolamento térmico, em paredes de fachada*. 2º Simpósio internacional sobre patologia, durabilidade e reabilitação de edifícios. Lisboa: GECORPA, CIB W86 Building Pathology, LNEC, Novembro de 2003.
- [14] Branco, Fernando. *Concepção dos edifícios com durabilidade*. Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006

- [15] ASTM - American Society for Testing and Materials - *ASTM E632 Standard practice for developing accelerated tests to aid prediction of the service life of building components and materials*. In *Annual Book of ASTM Standards*. ASTM International: West Conshohocken, 1996.
- [16] Gaspar, P. Manuel. *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação elaborada para a obtenção do grau de Mestre em Construção pelo IST. Dezembro 2002.
- [17] Flores, Inês. Brito, Jorge de. *Anomalias em fachadas de edifícios correntes*. 1º Encontro nacional sobre patologia e reabilitação de edifícios. Porto: FEUP, Março de 2003
- [18] Gaspar, Pedro L. *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação de mestrado. Lisboa: IST, Dezembro de 2002.
- [19] Brito, Jorge de. *Vida útil das construções e sua previsão*. Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2001.
- [20] Corvacho, M.^a Helena. *Durabilidade da Construção. Metodologia do projecto para a durabilidade. Planeamento da vida útil de um edifício*. Texto de apoio à disciplina de Patologia da Construção do Mestrado em Reabilitação do Património Edificado, FEUP. Porto, 2000.
- [21] CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment – *Isolation par l'extérieur*. Paris: CSTB magazine, suplement à la livraison CSTB n° 224, Novembro 1981.
- [22] Primo, André L. *Estudo da durabilidade de materiais e sistemas construtivos – sistema ETICS*. Dissertação de mestrado integrado. Porto: FEUP, Julho de 2008.
- [23] Marques, José M. *Durabilidade de revestimentos de coberturas inclinadas. Telhas cerâmicas. Estimativa da vida útil*. Dissertação de mestrado integrado. Porto: FEUP, Junho 2009
- [24] Guia Weber 2010, Saint-Gobain Weber Portugal, SA
- [25] <http://www.weber.com.pt/>
- [26] <http://www.patorreb.com/>
- [27] <http://www.eota.be/>
- [28] <http://www.construlink.com/>
- [29] <http://www.lnec.pt/>
- [30] <http://www.dow.com/>
- [31] <http://www.polisterm.com/>
- [32] Monografias APFAC sobre Argamassas de Construção. “Tema 3: Argamassas de Reboco e Monomassas (EN 998-1)”
- [33] Lopes, Tiago J. *Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios. Aplicação ao revestimento ETICS*. Dissertação elaborada para a obtenção do grau de Mestre em Reabilitação do Património Edificado pela FEUP. Dezembro 2005
- [34] ETAG014 - Guideline for European Technical Approval of plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering, Brussels, 2002.

- [35] European Organization for Technical Approvals (EOTA). Determination of point thermal transmittance of plastic anchors for the anchorage of external thermal insulation composite systems (ETICS). Technical Report 025. 2007
- [36] European Organization for Technical Approvals (EOTA). Evaluation of plate stiffness from plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering (ETICS). Technical Report 026. 2007
- [37] CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment – *Conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique des façades per l'extérieur faisant l'objet d'un avis technique*. Paris: CSTB magazine, suplement à la livraison CSTB n° 237, Março 1983.
- [38] CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment – *Classement reVETIR des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur*. Paris: CSTB magazine, suplement à la livraison CSTB n° 2929, Dezembro 1996.
- [39] CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment – *Systèmes d'isolation thermique par l'extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé*. Paris: CSTB magazine, suplement à la livraison CSTB n° 3035, Abril 1998.
- [40] EN13495 - Thermal insulation products for building applications - Determination of the pull-off resistance of external thermal insulation composite systems (ETICS)(foam block test): 2002
- [41] EN13497 - Thermal insulation products for building applications - Determination of the resistance to impact of external thermal insulation composite systems (ETICS): 2002
- [42] EN13498 - Thermal insulation products for building applications - Determination of the resistance to penetration of external thermal insulation composite systems (ETICS): 2002
- [43] EN13501 - Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests: 2007
- [44] EN13163 - Thermal insulation products for buildings — Factory made products of expanded polystyrene (EPS) — Specification: 2008
- [48] EN998-1 - Specification for mortar for masonry. Rendering and plastering mortar: 2003
- [49] Decreto-Lei n.º 220/08, Regime Jurídico da segurança contra incêndios em edifícios. Lisboa: 12 de Novembro de 2008.
- [50] Portaria n.º 1532/2008, Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (SCIE). D.R. 1ª Série. Lisboa: 29 de Dezembro.
- [51] <http://www.acepe.pt/>
- [52] Lucas, José A. Carvalho. *Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou betão*. Informação Técnica de Edifícios – ITE24. LNEC, Lisboa, 1990.
- [53] www.zolpan.fr
- [54] <http://maps.google.pt>
- [55] Veiga, Maria R., Sousa, H., Faria, A. *A envolvente dos edifícios*. “Construção 2004 – Repensar a construção”, 2º Congresso de construção. Porto: FEUP, Dezembro de 2004
- [56] www.meteo.pt